

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11)特許番号

特許第3498737号
(P3498737)

(45)発行日 平成16年 2 月16日 (2004. 2. 16)

(24)登録日 平成15年12月 5 日 (2003. 12. 5)

(51)Int.Cl.⁷ 識別記号

H 0 1 L 43/08

G 0 1 R 33/09

H 0 1 L 43/12

F I

H 0 1 L 43/08

Z

43/12

G 0 1 R 33/06

R

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2001-281703(P2001-281703)

(22)出願日 平成13年 9 月17日 (2001. 9. 17)

(65)公開番号 特開2002-299728(P2002-299728A)

(43)公開日 平成14年10月11日 (2002. 10. 11)

審査請求日 平成14年 2 月 6 日 (2002. 2. 6)

(31)優先権主張番号 特願2001-15805(P2001-15805)

(32)優先日 平成13年 1 月24日 (2001. 1. 24)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(73)特許権者 000004075

ヤマハ株式会社

静岡県浜松市中沢町10番 1 号

(72)発明者 佐藤 秀樹

静岡県浜松市中沢町10番 1 号 ヤマハ株
式会社内

(72)発明者 大橋 俊幸

静岡県浜松市中沢町10番 1 号 ヤマハ株
式会社内

(72)発明者 涌井 幸夫

静岡県浜松市中沢町10番 1 号 ヤマハ株
式会社内

(74)代理人 100088971

弁理士 大庭 咲夫 (外 1 名)

審査官 栗野 正明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気センサの製造方法

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】ビンド層とフリー層とを含み同ビンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

基板上に前記ビンド層となる磁性層を含む層を所定の形状に形成する工程と、

前記ビンド層となる磁性層を含む層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層を形成する工程と、

前記磁場印加用磁性層を磁化させる工程と、

前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場で前記ビンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含む磁気センサの製造方法。

【請求項 2】請求項 1 に記載の磁気センサの製造方法であって、

2

前記磁場印加用磁性層を形成する工程は、平面視において前記ビンド層となる磁性層を含む層を挟むように前記磁場印加用磁性層を形成する工程である磁気センサの製造方法。

【請求項 3】請求項 1 又は請求項 2 に記載の磁気センサの製造方法であって、前記磁場印加用磁性層の磁化の向きと前記残留磁化による磁場の向きが異なる磁気センサの製造方法。

【請求項 4】ビンド層とフリー層とを含み同ビンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイ

10

を準備する工程と、
前記マグネットアレイの上方に少なくとも前記ピン層となる磁性層を含む層を形成したウエハを配置する工程と、
前記磁極のうちの一の磁極と、この磁極と最短距離を隔てて隣接する前記磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記ピン層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含む磁気センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ピン層とフリー層とを含んでなる磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサであって、前記ピン層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を単一チップ上に有する磁気センサの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、磁気センサに使用され得る素子として、巨大磁気抵抗素子（GMR素子）、及び磁気トンネル効果素子（TMR素子）等が知られている。これらの磁気抵抗効果素子は、磁化の向きが所定の向きにピン（固定）されたピン層と、磁化の向きが外部磁界に応じて変化するフリー層とを備えていて、ピン層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対関係に応じた抵抗値を呈する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ピン層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を微小な単一チップ上に形成することは困難であり、そのような単一チップは提案されておらず、従って、磁気抵抗効果素子を用いた単一チップからなる磁気センサは、ピン層の磁化の向きの制約のために、その応用範囲を広くできないという問題があった。本発明は、ピン層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を単一チップ上に有する磁気センサの製造方法を提供する。

【0004】

【0005】

【0006】

【本発明の概要】本発明の特徴は、ピン層とフリー層とを含み同ピン層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、基板上に前記ピン層となる磁性層を含む層（例えば、反強磁性膜と強磁性膜）を所定の形状に形成する工程と、前記ピン層となる磁性層を含む層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層を形成する工程と、前記磁場印加用磁性層を磁化させる工程と、前記磁場印加用磁性層の残留磁化により前記ピン層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含んだことにある。

【0007】これによれば、ピン層となるべき磁性層

を含む層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層が、例えばメッキなどにより形成され、その後この磁場印加用磁性層が磁化される。そして、前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場で前記ピン層となる磁性層の磁化の向きがピンされる。この場合、前記磁場印加用磁性層を形成する工程は、平面視において前記ピン層となる磁性層を含む層を挟むように前記磁場印加用磁性層を形成することが有利であり、前記磁場印加用磁性層の磁化の向きと前記残留磁化により発生する磁場の向きが異なることが有利である。

【0008】前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場の向きは、同磁場印加用磁性層の端面形状に依存する。従って、この端面形状を適宜の形状とすることで、或いは、ピン層となる磁性層を含む層を端面に対して適切に配置することで、同ピン層となる磁性層を含む層に付与する磁化の向きを任意の向きとすることができ、これにより、互いに異なる向きに磁化がピンされたピン層を有する二以上の磁気抵抗効果素子を同一基板上に簡単に製造することができる。

【0009】また、本発明の他の特徴は、ピン層とフリー層とを含み同ピン層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、前記マグネットアレイの上方に少なくとも前記ピン層となる磁性層を含む層を形成したウエハを配置する工程と、前記磁極のうちの一の磁極と、この磁極と最短距離を隔てて隣接する前記磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記ピン層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含んだことにある。

【0010】上記マグネットアレイは、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設し、各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成されている。従って、マグネットアレイの上方において、同マグネットアレイの平面視で、一つのN極から同N極の右側に存在するS極へ右方向の磁界、同N極から同N極の上側に存在するS極へ上方向の磁界、同N極から同N極の左側に存在するS極へ左方向の磁界、及び同N極から同N極の下側に存在するS極へ下方向の磁界が形成される（図56、及び図57を参照）。同様に、あるS極に対しては、このS極の右側に存在するN極から左方向の磁界、このS極の上側に存在するN極から下方向の磁界、このS極の左側に存在するN極から右方向の磁界、及びこのS極の下側に存在するN極から上方向の磁界が形成される。上記方法は、これらの磁界を利用してピン層となる層の磁化の向きをピンするので、単一チップ上でピン層の磁化の向きが互いに交差

(この場合は、直交)してなる磁気センサを容易に製造することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明による磁気センサの各実施形態について図面を参照しながら説明する。第1実施形態に係る磁気センサは、平面図である図1に示したように、例えば SiO_2/Si 、ガラス又は石英からなる略正方形の基板10と、二つの磁気トンネル効果素子(群)11、21と、バイアス磁界用のコイル30と、複数の電極パッド40a~40fとを備えている。磁気トンネル効果素子(群)11、21、及びバイアス磁界用のコイル30は、それぞれ電極パッド40a、40b、40c、40d、及び40e、40fに接続されている。磁気トンネル効果素子(群)11と磁気トンネル効果素子(群)21は構造上同一であるので、以下においては、磁気トンネル効果素子(群)11を代表例として説明し、磁気トンネル効果素子(群)21についての説明を省略する。

【0012】磁気トンネル効果素子(群)11は、拡大平面図である図2に示したように、直列接続された複数の(この例では、20個)の磁気トンネル効果素子からなっている。各磁気トンネル効果素子は、図2の1-1平面に沿った部分断面図である図3に示したように、基板10の上に平面形状を長方形にした複数の下部電極12を備えている。下部電極12は、横方向に所定の間隔を隔てて一列に配置されていて、導電性非磁性金属材料であるTa(Cr、Tiでも良い。)により膜厚30nm程度に形成されている。各下部電極12の上には、同下部電極12と同一平面形状に形成され、膜厚30nm程度のPtMnからなる反強磁性膜13がそれぞれ積層されている。

【0013】各反強磁性膜13の上には、膜厚20nm程度のNiFeからなる一対の強磁性膜14、14が間隔を隔てて積層されている。この強磁性膜14、14は、平面視において長方形を有し、各長辺が平行に対向されるように配置されていて、反強磁性膜13により磁化の向きがピンされたビンド層を構成するものであり、部分拡大平面図である図4の矢印方向(右向き)に磁化されている。なお、反強磁性膜13と強磁性膜(ビンド層)14は、磁化の向きが実質的に固定された(固定磁化軸を有する)固定磁化層を構成している。

【0014】各強磁性膜14の上には、同強磁性膜14と同一平面形状を有する絶縁層15が形成されている。この絶縁層15は、絶縁材料である Al_2O_3 (Al-O)からなり、その膜厚は1nm程度となるように形成されている。

【0015】絶縁層15の上には、同絶縁層15と同一平面形状を有し、膜厚80nm程度のNiFeからなる強磁性膜16が形成されている。この強磁性膜16は、その磁化の向きが外部磁界の向きに応じて変化するフリ

ー層(自由磁化層)を構成し、前記強磁性膜14からなるビンド層と前記絶縁層15とともに磁気トンネル接合構造を形成している。即ち、反強磁性膜13、強磁性膜14、絶縁層15、及び強磁性膜16により、一つの磁気トンネル効果素子(電極等を除く)が構成される。

【0016】各強磁性膜16の上には、同各強磁性膜16と同一平面形状のダミー膜17がそれぞれ形成されている。このダミー膜17は、膜厚40nm程度のTa膜からなる導電性非磁性金属材料により構成されている。

【0017】基板10、下部電極12、反強磁性膜13、強磁性膜14、絶縁層15、強磁性膜16、及びダミー膜17を覆う領域には、複数の下部電極12及び反強磁性膜13をそれぞれ絶縁分離するとともに、各反強磁性膜13上に設けた一対の強磁性膜14、絶縁層15、強磁性膜16及びダミー膜17をそれぞれ絶縁分離するための層間絶縁層18が設けられている。層間絶縁層18は SiO_2 からなり、その膜厚は250nm程度である。

【0018】この層間絶縁層18には、各ダミー膜17上にてコンタクトホール18aがそれぞれ形成されている。このコンタクトホール18aを埋設するとともに、異なる下部電極12(及び反強磁性膜13)上に設けた一対のダミー膜17、17の各一方間を互いに電氣的に接続するように、例えば膜厚300nmのAlからなる上部電極19、19がそれぞれ形成されている。このように、下部電極12及び反強磁性膜13と、上部電極19とにより、隣り合う一対の磁気トンネル接合構造の各強磁性膜16、16(各ダミー膜17、17)と各反強磁性膜13、13とをそれぞれ交互に順次電氣的に接続することで、ビンド層の磁化の向きが同一であって、且つ、複数の磁気トンネル接合構造を直列に接続した磁気トンネル効果素子(群)11が形成される。なお、上部電極19、19の上には図示を省略した SiO 及び SiN からなる保護膜が形成されている。

【0019】コイル30は、上記磁気トンネル効果素子(群)11、21に交流のバイアス磁界を付与するためのものであって、磁気トンネル効果素子(群)11、21の下方を同磁気トンネル効果素子(群)11、21のビンド層の磁化の向きと平行な向きに延びるように、基板10の上部内に埋設されている。

【0020】次に、上記磁気トンネル効果素子の製造方法について図5~図17を参照しながら説明する。なお、図5~図12及び図14~図17においては、説明のため、4個の磁気トンネル効果素子が直列接続される磁気トンネル効果素子群が示されている。また、これらの図においてはコイル30が省略されている。

【0021】先ず、図5に示したように、基板10(この段階では、後のダイシングにより複数の磁気センサが得られる一枚の基板である。)の上に下部電極12を構成するTaからなる膜を膜厚30nm程度にスパッタリ

10

20

30

40

50

ングにより形成し、次いで固定磁化層の反強磁性膜13及び強磁性膜(ピン層)14を構成するためのPtMnからなる膜及びNiFeからなる膜を、それぞれ膜厚が30nm及び20nmとなるようにスパッタリングにより形成する。ここでは、下部電極12、反強磁性膜13となるPtMn膜、及び強磁性膜14となるFeNi膜を下磁性層SJと称呼する。

【0022】その後、Alを1nmだけ積層し、酸素ガスによってこれを酸化させて絶縁層15となるAl₂O₃(Al-O)からなる膜を形成する。次いで、フリー層の強磁性膜16を構成するNiFeからなる膜を例えばスパッタリングにより膜厚が80nmとなるように形成し、その上にダミー膜17を構成するTaからなる膜を膜厚が40nmとなるように形成する。ここでは、強磁性膜16及びダミー膜17を上磁性層UJと称呼する。次いで、イオンミリング等により図6に示したように上磁化層UJを加工して分離し、図7に示したように下磁性層SJを加工して分離する。

【0023】次に、図8に示したように、層間絶縁層18を構成するSiO₂からなる膜を膜厚が素子上で250nmとなるようにスパッタリングによって形成し、その上にメッキ下地膜としてCrからなる膜及びNiFeからなる膜をそれぞれの膜厚が100nmおよび50nmとなるようにスパッタリングにより形成する。次に、図9に示したようにレジスト51を塗布する。レジスト51は後にメッキを行う部分を覆わないように、所定の形状にパターニングされる。

【0024】次いで、図10に示したように、磁場印加用磁性層としてNiCoをメッキする。このNiCoの厚さは、例えば10μmとする。そして、図11に示したようにレジストを除去した後、図12に示したように全面に対するミリング(Arミリング)により、メッキ下地膜として形成したNiFeを除去する。

【0025】図13は、かかる状態のウエハの平面図である。なお、図13においては、後のダイシングにより分割される基板の各々に便宜上符号10を付している。図13に示したように、先のレジストのパターニングにより、磁場印加用磁性層(NiCo)は個々が略正方形状であって、その中心が隣り合う4個の後に個々に分割される基板10の中心上となるように形成され、縦方向及び横方向において磁気トンネル効果素子(群)11, 21の直上部を除くように(即ち、平面視において、ピン層となる磁性層を含む下磁性層SJ(ピン層となる磁性層)が形成された磁気トンネル効果素子(群)11, 21となる層を挟むように)配設される。この状態で、各磁場印加用磁性層のなす正方形の対角線に平行な方向に約1000(Oe)の強さの磁場を与え、同磁場印加用磁性層を図13の矢印Aにて示した向きに磁化(着磁)させる。

【0026】次いで、上記磁場を除去する。このとき、

磁場印加用磁性層の残留磁化により、図13の矢印Bにて示したように、各磁場印加用磁性層の上辺から隣接する磁場印加用磁性層の下辺に向う磁場と、同各磁場印加用磁性層の右辺から隣接する磁場印加用磁性層の左辺に向う磁場が生じる。このため、磁気トンネル効果素子(群)11, 21となる部分には、同部分の長手方向に平行な磁場が印加される。そして、PtMnからなる反強磁性膜13を規則合金化するとともに交換結合磁界Hexを付与するため、ウエハを高温環境下に置く高温アニール処理を施す。この結果、同一基板10の上に形成される磁気トンネル効果素子(群)11, 21が、互いに異なる向き(この場合には、互いに直交する向き)に磁化された(ピンされた)ピン層を有するようになる。即ち、各磁気トンネル効果素子(群)11, 21は、図1に矢印にて示した方向の磁化固定軸を有するようになる。

【0027】次いで、図14に示したように、メッキ膜であるNiCo及びスパッタされた(メッキ下地膜の)NiFeを酸により除去し、図15に示したようにミリングによってCrを除去する。その後、図16に示したようにコンタクトホール18aを層間絶縁層18に形成し、図17に示したようにAl膜をその膜厚が300nmとなるようにスパッタリングにより形成し、これを配線形状に加工して上部電極19を形成する。

【0028】そして、基板10の上に図1に示した電極パッド40a~40fを形成して、同電極パッド40a~40fを磁気トンネル効果素子(群)11, 21、及びコイル30とそれぞれ接続する。最後に、CVDにより150nmの膜厚を有するSiOからなる膜(図示省略)、及び1000nmの膜厚を有するSiNからなる膜(図示省略)を保護膜(パッシベーション膜)として形成する。この後、保護膜の一部をミリング、RIE、又はレジストマスクを用いたエッチングにより開孔し、電極パッド40a~40fを露出させる。次いで、基板のバックグラウンド(研削して薄くする)を行い、ダイシングにより個々の磁気センサに分離し、最後にパッケージングを行う。

【0029】このように製造された図1に示した磁気トンネル効果素子(群)11に対し、図1のX軸方向と同X軸に直交するY軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率MR(MR比)を測定した。その結果を図18及び図19に示す。図18及び図19から明らかなように、磁気トンネル効果素子(群)11のMR比は、X軸方向に変化する外部磁界に対する方が、Y軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子(群)11は、そのピン層の磁化の向きがX軸に平行となっていることが確認された。

【0030】同様に、図1に示した磁気トンネル効果素子(群)21に対し、X軸方向とY軸方向のそれぞれの

軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率MR（MR比）を測定した。その結果を図20及び図21に示す。図20及び図21から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群）21のMR比は、Y軸方向に変化する外部磁界に対する方が、X軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群）21は、そのピン

【0031】次に、第2実施形態に係る磁気センサについて説明すると、第2実施形態は、第1実施形態の固定磁化層がPtMnとNiFeとから構成されていたのに対し、第2実施形態の固定磁化層が膜厚が30nmのMnRhからなる膜と膜厚が40nmのNiFe（ピン

【0032】即ち、第2実施形態においては、図22に示したように、基板10の上に30nmの膜厚を有するTaからなる膜、30nmの膜厚を有するMnRhからなる膜、及び40nmの膜厚を有するNiFeからなる膜をスパッタリングにより形成し下磁性層SJを形成する。次いで1nmのAlを成膜してこれを酸化し、絶縁層15を形成する。その上に40nmの膜厚を有するNiFeからなる膜及び40nmの膜厚を有するTaからなる膜を形成して上磁性層UJを形成する。

【0033】次いで、図23に示したように上磁化層UJを加工して分離し、図24に示したように下磁性層SJを加工して分離する。次に、図25に示したように、SiO₂をその膜厚が250nmとなるようにスパッタリングして層間絶縁層18を形成し、続いて図26に示したように同層間絶縁層18にコンタクトホール18aを形成する。次いで、図27に示したようにAlをその膜厚が300nmとなるようにスパッタリングし、これを配線形状に加工して上部電極19を形成する。そして、図28に示したようにSiO₂及びSiNからなる保護膜20をCVDにより形成する。

【0034】次に、図29に示したように、メッキ下地膜としてCrからなる膜及びNiFeからなる膜をそれぞれの膜厚が100nmおよび50nmとなるようにスパッタリングにより形成し、続いて図30に示したようにレジスト51を塗布する。レジスト51は後にメッキを行う部分を覆わないように、所定の形状にパターンニングされる。

【0035】次いで、図31に示したように、磁場印加

用磁性層としてNiCoをメッキする。このNiCoの厚さは、例えば10μmとする。そして、図32に示したようにレジストを除去した後、図33に示したように全面に対するミリング（Arミリング）により、メッキ下地膜として形成したNiFeを除去する。この時点で、図13に示した状態となるので、各磁場印加用磁性層のなす正方形の対角線に平行な方向に約1000（Oe）の強さの磁場を与え、同磁場印加用磁性層を図13の矢印Aにて示した向きに磁化（着磁）させ、その後、同磁場を除去する。

【0036】このとき、後に各磁気トンネル効果素子（群）11'、21'となる部分には、NiCoの残留磁化により、同部分の長手方向に平行な磁場が印加されることになる。そして、ウェハを高温環境下に置く高温アニール処理を施す。この結果、同一基板10'上に形成される磁気トンネル効果素子（群）11'、21'が、互いに異なる向き（この場合には、互いに直交する向き）に磁化された（ピンされた）ピン層を有することになる。高温アニール処理が終了した後は、図34に示したように酸によってメッキ膜NiCo及びメッキ下地膜のNiFeを除去し、図35に示したようにミリングによってメッキ下地膜Crを除去する。その後は、第1実施形態と同様の処理を施す。

【0037】このように製造された図1に示した磁気トンネル効果素子（群）11'に対し、X軸方向とY軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率MR（MR比）を測定した。その結果を図36及び図37に示す。図36及び図37から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群）11'のMR比は、X軸方向に変化する外部磁界に対する方が、Y軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群）11'は、そのピン層の磁化の向きがX軸に平行となっていることが確認された。

【0038】同様に、図1に示した磁気トンネル効果素子（群）21'に対し、X軸方向とY軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率MR（MR比）を測定した。その結果を図38及び図39に示す。図38及び図39から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群）21'のMR比は、Y軸方向に変化する外部磁界に対する方が、X軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群）21'は、そのピン層の磁化の向きがY軸に平行となっていることが確認された。即ち、この第2実施形態に係る磁気センサは、同一基板10'上に磁化の向きが互いに交差する（異なる）ようにピンされたピン層を有する二つの磁気トンネル効果素子（磁気抵抗効果素子）を有していることが確認された。

【0039】以上、説明したように、第1、第2実施形

10

20

30

40

50

態の磁気センサはピン層の磁化の向きが互いに交差する（少なくとも二つのピン層の磁化の向きのなす角度が 0° 、及び 180° 以外の角度である）磁気トンネル効果素子を同一基板上（単一チップ上）に有している。このため、異なる向きの磁界を検出する必要がある小型磁気センサ（例えば、地磁気センサ等）として用いることができる。また、上記各実施形態の製造方法によれば、このようなセンサを容易に製造することができる。

【0040】なお、第1実施形態では固定磁化層のピン層にPtMnを使用しているが、PtMnは最初に高温とするタイミングでピン層をピンさせる必要があるため、保護膜形成のためのCVD等の高温処理がなされる前の段階で高温アニール処理を行う。これに対し、第2実施形態では固定磁化層のピン層にMnRhを使用していて、MnRhの膜質は高温アニール処理後に他の高温処理があると劣化する。そこで、第2実施形態においては、高温アニール処理を保護膜形成のためのCVD等の高温処理後に行うこととした。

【0041】また、上記第1、第2実施形態の製造方法によれば、検出しようとする外部磁界に対して偶関数特性を示す磁気トンネル効果素子（群）を得ることができる。即ち、磁気トンネル効果素子群11、21、11'、21'に対してピン層の磁化の向きと直交する方向内で大きさが変化する磁界を付与すると、同ピン層の磁化は図40のラインLPにより示したように滑らかに変化する。一方、これらの素子のフリー層は、形状異方性により前記外部磁界の向きに敏感に反応し、図40のラインLFにより示したように外部磁界の大きさが「0」近傍となるとステップ的に変化する。この結果、ピン層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対角度は、外部磁界が「0」のとき最大（略 90° ）となり、外部磁界の大きさ（絶対値）が大きくなるほど減少する。このことは、図19、図20、図37、及び図38により確認できる。

【0042】更に、図13からも明らかなように、各磁場印加磁性層であるメッキ膜（NiCo）を同図13中矢印Aで示す一定の方向に磁化させた場合、同各メッキ膜の残留磁化により同各メッキ膜間に発生する磁場の向きは同メッキ膜の磁化の向きとは異なり、同図中矢印Bで示したように同メッキ膜Mの端面に垂直な向きとなる。従って、例えば、図41に示したようにメッキ膜Mの端面形状を設計し同メッキ膜を矢印Cの向きに磁化すれば、ウエハ上の適宜の箇所に局所的に所望の向き（矢印Dにて示す向き）を有する磁場を発生させることができるので、これを利用して単一基板上に所望の向きの固定磁化軸を有する磁気トンネル効果素子（単一チップ上でピン層の磁化の向きが互いに交差する磁気トンネル効果素子）TMR1、TMR2を製造することが可能となる。

【0043】次に、本発明の第3実施形態に係る磁気センサについて説明すると、上記第1、第2実施形態の磁

気センサはTMR素子により構成されていたのに対し、第3実施形態の磁気センサはGMR素子により構成されている。また、この磁気センサは、X軸方向の磁界を検出するX軸磁気センサと、前記X軸に直交するY軸方向の磁界を検出するY軸磁気センサとを備えている。

【0044】より具体的に述べると、この磁気センサ60は、図42に示したように、平面視で互いに直交するX軸、及びY軸に沿った辺を有する長形状（略正方形）であって、X軸、及びY軸に直交するZ軸方向に小さな厚みを有する石英ガラスからなる単一のチップ（同一基板）60aと、同チップ60aの上に形成された合計で8個のGMR素子61～64、71～74と、同チップ60aの上に形成された合計で8個のパッド65～68、75～78、及び各パッドと各素子とを接続する接続線を含んでいる。

【0045】第1X軸GMR素子61は、チップ60aのY軸方向略中央部下方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第2X軸GMR素子62は、チップ60aのY軸方向略中央部上方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第3X軸GMR素子63は、チップ60aのY軸方向略中央部上方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。第4X軸GMR素子64は、チップ60aのY軸方向略中央部下方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。

【0046】第1Y軸GMR素子71は、チップ60aのX軸方向略中央部左方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第2Y軸GMR素子72は、チップ60aのX軸方向略中央部右方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第3Y軸GMR素子73は、チップ60aのX軸方向略中央部右方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。第4Y軸GMR素子74は、チップ60aのX軸方向略中央部左方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピン層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。

【0047】各GMR素子61～64、71～74は、チップ60aにおける配置（チップ60aに対するピン層のピンされた磁化の向き）が異なる点を除き、互いに実質的に同一の構造を備えている。従って、以下、第1X軸GMR素子61を代表例として、その構造につい

て説明する。

【0048】第1 X軸GMR素子61は、平面図である図43、及び、図43の2-2線に沿った平面にて第1 X軸GMR素子61を切断した概略断面図である図44に示したように、スピバルブ膜SVからなりY軸方向に長手方向を有する複数の幅狭帯状部61a…61aと、各幅狭帯状部61aのY軸方向両端部の下方に形成されたCoCrPt等の硬質強磁性体であって、高保磁力、高角型比を有する材質からなるバイアス磁石膜（硬質強磁性体薄膜層）61b…61bとを備えている。各幅狭帯状部61a…61aは、各バイアス磁石膜61bの上面にてX軸方向に伸びて隣接する幅狭帯状部61aと接合している。

【0049】第1 X軸GMR素子61のスピバルブ膜SVは、図45に膜構成を示したように、基板であるチップ60aの上に順に積層されたフリー層（自由層、自由磁化層）F、膜厚が2.4nm（24Å）のCuからなる導電性のスペーサ層S、ピン層（固着層、固定磁化層）P、及び膜厚が2.5nm（25Å）のチタン（Ti）又はタンタル（Ta）からなるキャッピング層Cからなっている。

【0050】フリー層Fは、外部磁界の向きに応じて磁化の向きが変化する層であり、基板60aの直上に形成された膜厚が8nm（80Å）のCoZrNbアモルファス磁性層61-1と、CoZrNbアモルファス磁性層61-1の上に形成された膜厚が3.3nm（33Å）のNiFe磁性層61-2と、NiFe磁性層61-2の上に形成された1~3nm（10~30Å）程度の膜厚のCoFe層61-3とからなっている。CoZrNbアモルファス磁性層61-1とNiFe磁性層61-2は軟質強磁性体薄膜層を構成している。CoFe層61-3はNiFe層61-2のNi、及びスペーサ層SのCu61-4の拡散を防止するものである。なお、前述したバイアス磁石膜61b…61bは、フリー層Fの一軸異方性を維持するため、同フリー層Fに対してY軸方向（図43の矢印にて示した左右方向）にバイアス磁界を与えている。

【0051】ピン層Pは、膜厚が2.2nm（22Å）のCoFe磁性層61-5と、Ptを45~55mol%含むPtMn合金から形成した膜厚が24nm（240Å）の反強磁性膜61-6とを重ね合わせたものである。CoFe磁性層61-5は、着磁（磁化）された反強磁性膜61-6に交換結合的に裏打されることにより磁化（磁化ベクトル）の向きがX軸負方向にピン（固着）されるピンド層を構成している。

【0052】このように構成された第1 X軸GMR素子61は、図46の実線にて示したように、X軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する抵抗値を呈し、図46の破線にて示したように、Y軸に沿って変化する外

部磁界に対しては略一定の抵抗値を呈する。

【0053】X軸磁気センサは、図47に等価回路を示したように、第1~第4 X軸GMR素子61~64がフルブリッジ接続されることにより構成されている。なお、図47において、矢印は各GMR素子61~64の固着層のピンされた磁化の向きを示している。このような構成において、パッド67、及びパッド68は、それぞれ図示しない定電圧源の正極、負極に接続され、電位 V_{xin+} （本例では5（V））と電位 V_{xin-} （本例では0（V））が付与される。そして、パッド65とパッド66の電位がそれぞれ電位 V_{xout+} と電位 V_{xout-} として取り出され、その電位差（ $V_{xout+} - V_{xout-}$ ）がセンサ出力 V_{xout} として取り出される。この結果、X軸磁気センサは、図48の実線にて示したように、X軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する出力電圧 V_{xout} を示し、図48の破線にて示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界に対しては略「0」の出力電圧を示す。

【0054】Y軸磁気センサは、X軸磁気センサと同様に、第1~第4 Y軸GMR素子71~74がフルブリッジ接続されることにより構成されている。そして、パッド77、及びパッド78は、図示しない定電圧源の正極、負極に接続され、電位 V_{yin+} （本例では5（V））と電位 V_{yin-} （本例では0（V））が付与され、パッド75とパッド76の電位差がセンサ出力 V_{yout} として取り出される。この結果、Y軸磁気センサは、図49の破線にて示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する出力電圧 V_{yout} を示し、図49の実線にて示したように、X軸に沿って変化する外部磁界に対しては略「0」の出力電圧を示す。

【0055】次に、上記のように構成される磁気センサ60の製造方法について説明する。まず、平面図である図50に示したように、長方形の石英ガラス60a1の上に、上記スピバルブ膜SVと上記バイアス磁石膜61bとからなり、後に個々のGMR素子を構成する膜Mを島状に複数形成する。この成膜は、超高真空装置を用いて精密な厚さに連続積層で行われる。これらの膜Mは、石英ガラス60a1が後の切断工程により図50の破線に沿って切断されて図42に示した個々のチップ60aに分割されたとき、同図42に示したGMR素子61~64、71~74の位置に配置されるように形成される。また、石英ガラス60a1の四隅には、長方形から十字形を除いた形状のアライメント（位置決め）マーク60bを設けておく。

【0056】次いで、平面図である図51、及び図51の3-3線に沿った断面で切断した断面図である図52に示したように、正方形の貫通孔が正方格子状に複数個だけ設けられた（即ち、X軸及びY軸に平行な辺を有する正方形の貫通孔が、同X軸及び同Y軸にそって互いに

等距離を隔てて設けられた) 長方形の金属プレート81を準備し、同金属プレート81の各貫通孔に同貫通孔と略同一の正方形断面を有する直方体形状の永久棒磁石82…82を、同永久棒磁石82…82の磁極が形成される端面が同金属プレート81と平行になるように、挿入する。このとき、最短距離で隣接する磁極の極性が異なるように同永久棒磁石82…82を配置する。なお、各永久棒磁石82…82の磁荷の大きさは全て略等しいものを使用する。

【0057】次に、平面図である図53に示したように、厚さが約0.5mmであって前記金属プレート81と略同一形状の長方形を有する透明な石英ガラスからなるプレート83を準備する。このプレート83には、上記石英ガラス60a1のアライメントマーク60bと協働して位置決めを行うため、四隅に十字形のアライメント(位置決め)マーク83aを設けておく。また、中央部には、上記金属プレート81に挿入された永久棒磁石82…82の外形に対応する位置にアライメントマーク83bを設けておく。次いで、図54に示したように、永久棒磁石82…82の上面とプレート83の下面を接

着剤により接着する。このとき、アライメントマーク83bを用いて永久棒磁石82…82と、プレート83との相対的な位置を決定する。そして、金属プレート81を下方から取り去る。この段階で、永久棒磁石82…82とプレート83とにより、磁極を構成する端面が略正方形の複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイが形成される。

【0058】次に、図55に示したように、GMR素子となる膜(ピンド層となる磁性層を含む層、すなわちピン層となる磁性層を含む層)が形成された石英ガラス60a1を、同GMR素子となる膜が形成された面がプレート83の上面と接するように配置する。石英ガラス60a1と、プレート83の相対位置は、前記アライメントマーク60bの十字形に削除された部分と、アライメントマーク83aの十字形とを一致させることで正確に決定される。

【0059】図56は、上記永久棒磁石82…82を四個だけ取り出した状態を示す斜視図である。この図から

10

定する熱処理を行う。即ち、図55に示した状態で、プレート83と石英ガラス60a1とをクランプCLにより互いに固定し、真空中でこれらを250℃～280℃に過熱し、その状態で4時間ほど放置する。

【0061】その後、石英ガラス60a1を取り出し、図42に示した各パッド65～68、75～78を形成するとともに、これらを接続する配線を形成し、最後に図50に示した破線に沿って石英ガラス60a1を切断する。以上により、図42に示した磁気センサ60が製造される。

【0062】次に、上記磁気センサ60を使用して地磁気を測定した結果について説明する。この測定においては、図58に示したように、磁気センサ60のY軸正方向が南を向いているときに方位 θ (測定角度)を 0° と定義している。測定結果を、図59に示す。図59から明らかなように、実線で示したX軸磁気センサ出力 S_x は正弦波状に変化し、破線で示したY軸磁気センサ出力 S_y は余弦波状に変化した。この結果は、図48及び図49にて示した特性から予測される通りであった。

20

【0063】この場合、(1) X軸磁気センサ出力 S_x 、及びY軸磁気センサの出力 S_y の値が共に正の値のとき $\theta = \arctan(S_x/S_y)$ 、(2) Y軸磁気センサの出力 S_y の値が負の値のとき $\theta = 180^\circ + \arctan(S_x/S_y)$ 、(3) X軸磁気センサ出力 S_x の値が負の値、及びY軸磁気センサの出力 S_y が正の値のとき $\theta = 360^\circ + \arctan(S_x/S_y)$ により方位を求めることができるので、磁気センサ60は、例えば、携帯電話機等の携帯型電子装置に搭載され得る地磁気(方位)センサとして使用することが可能である。なお、方位が $270^\circ \sim 360^\circ$ にあるとき、 $-90^\circ \sim 0^\circ$ として表示することを許容する場合には、出力 S_y が正のとき $\theta = \arctan(S_x/S_y)$ 、出力 S_y が負のとき $\theta = 180^\circ + \arctan(S_x/S_y)$ としてもよい。

【0064】以上、説明したように、第3実施形態によれば、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備し、同マグネットアレイが形成する磁界により前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンさせるので、ピンド層のピンされた磁化の向きが互いに異なる(互いに直交する)GMR素子を、容易に単一チップ上に形成することができる。また、この方法によれば、ピンド層のピンされた磁化の向きが互いに異なるGMR素子を備えた単一チップを一時に大量に製造することができるので、同単一チップの製造コストを低下させることができる。

【0065】なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記第1、第2実施形態においては、メッキ膜として残留磁化の大きいNiCo

50

が採用されていたが、これに代え残留磁化が大きい他の材料（例えばCo等）を採用してもよい。また、上記第1、第2実施形態の固着層の磁化の向きを固定する方法は、第3実施形態のようなピン層（固定磁化軸を有する層）を備える他の磁気抵抗効果素子にも適用することができる。また、上記3実施形態のピン層Pには、PtMnを使用していたが、このPtMnに代え、FeMn又はIrMn等を用いても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態及び第2実施形態に係る磁気センサの概念的な平面図である。

【図2】 図1に示した磁気トンネル効果素子（群）の拡大平面図である。

【図3】 図2に示した磁気トンネル効果素子（群）を1-1線に沿った平面で切断した断面図である。

【図4】 図3に示した磁気トンネル効果素子の反強磁性膜と強磁性膜（ピン層）を示す同素子の概略平面図である。

【図5】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図6】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図7】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図8】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図9】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図10】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図11】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図12】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図13】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略平面図である。

【図14】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図15】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図16】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図17】 製造途中にある第1実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図18】 図1に示した一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（X軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図19】 図1に示した一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（Y軸

方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図20】 図1に示した他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（X軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図21】 図1に示した他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（Y軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図22】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図23】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図24】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図25】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図26】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図27】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図28】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図29】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図30】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図31】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図32】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図33】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図34】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図35】 製造途中にある第2実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図36】 第2実施形態に係る一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（図1のX軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図37】 第2実施形態に係る一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（図1のY軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図38】 第2実施形態に係る他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（図1のX軸方向）において大きさが変化する外部磁界

を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図39】 第2実施形態に係る他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（図1のY軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子のMR比の変化を示すグラフである。

【図40】 第1及び第2実施形態に係る磁気トンネル効果素子群に対してピン層の磁化の向きと直交する方向内で大きさが変化する磁界を付与した際のピン層及びフリー層の磁化曲線を示すグラフである。

【図41】 別の形状を有するメッキ膜を形成した基板の平面図である。

【図42】 本発明による第3実施形態に係る磁気センサの概略平面図である。

【図43】 図42に示した第1X軸GMR素子の概略拡大平面図である。

【図44】 図43に示した第1X軸GMR素子を同図43の2-2線に沿った平面にて切断した概略断面図である。

【図45】 図43に示した第1X軸GMR素子のスピ
ンバルブ膜構成を示す図である。

【図46】 図43に示した第1X軸GMR素子のX軸方向に変化する磁界に対する抵抗値（実線）、及びY軸方向に変化する磁界に対する抵抗値（破線）の変化を示したグラフである。

【図47】 図42に示した磁気センサが備えるX軸磁気センサの等価回路図である。

【図48】 図47に示したX軸磁気センサのX軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（実線）、及びY軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（破線）の変化を示したグラフである。

【図49】 図42に示した磁気センサが備えるY軸磁気センサのX軸方向に変化する磁界に対する出力電圧

（実線）、及びY軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（破線）の変化を示したグラフである。

【図50】 図42に示した磁気センサを製造する途中のスピバルブ膜が形成された石英ガラスの平面図である。

【図51】 図42に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイを準備するための金属プレートの平面図である。

【図52】 図51に示した金属プレート及び永久棒磁石を同図51の3-3線に沿った平面にて切断した断面図である。

【図53】 図42に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイを形成するためのプレートの平面図である。

【図54】 図42に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイの断面図である。

【図55】 図42に示した磁気センサを製造する工程を示した断面図である。

【図56】 図54に示したマグネットアレイの磁石の一部を取り出した斜視図である。

【図57】 図42に示した磁気センサの各GMR素子のピン層の磁化の向きをピンする方法を示した概念図である。

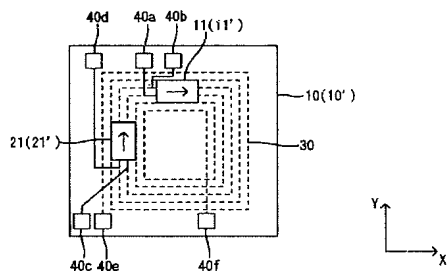
【図58】 図42に示した磁気センサと方位との関係を示した図である。

【図59】 図42に示した磁気センサの方位に対する出力電圧を示したグラフである。

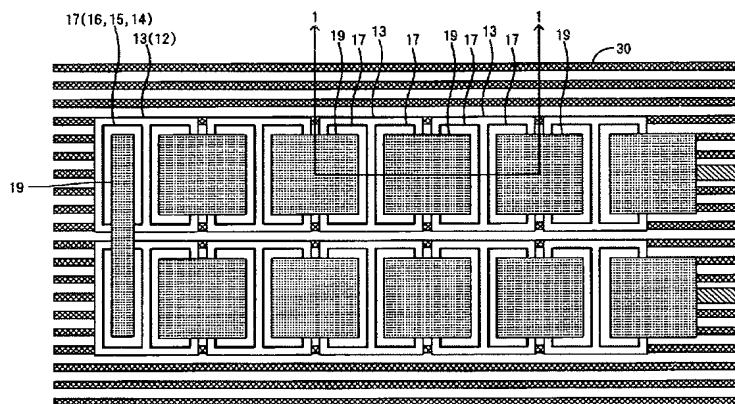
【符号の説明】

10…基板、12…下部電極、13…反強磁性膜、14…強磁性膜、15…絶縁層、16…強磁性膜、17…ダミー膜、18…層間絶縁層、18a…コンタクトホール、19…上部電極、20…保護膜、30…コイル、11、21…磁気トンネル効果素子群、51…レジスト。

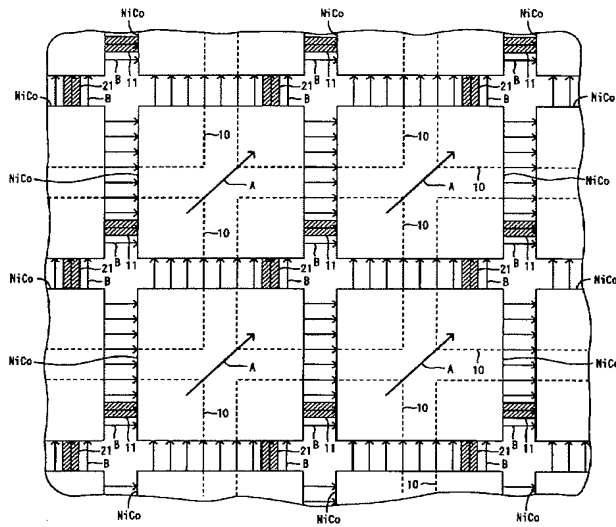
【図1】



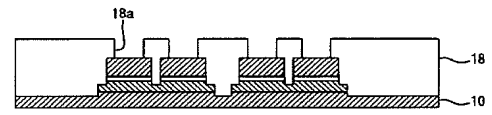
【図2】



【図13】



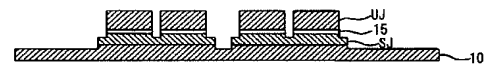
【図16】



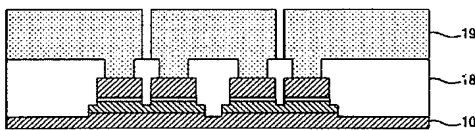
【図22】



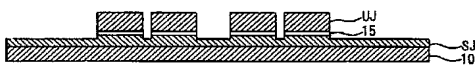
【図24】



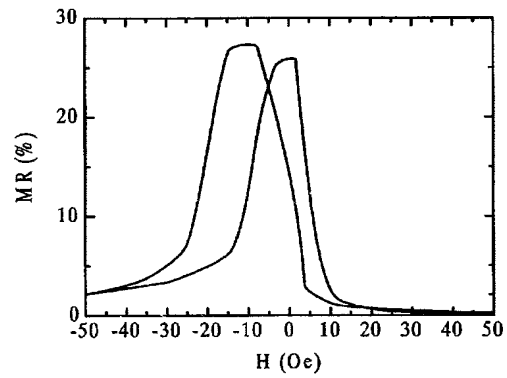
【図17】



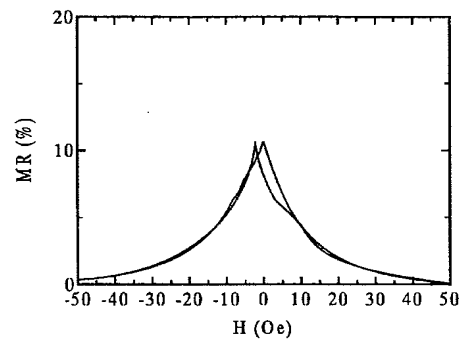
【図23】



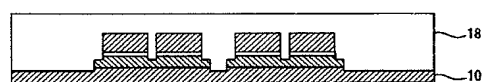
【図18】



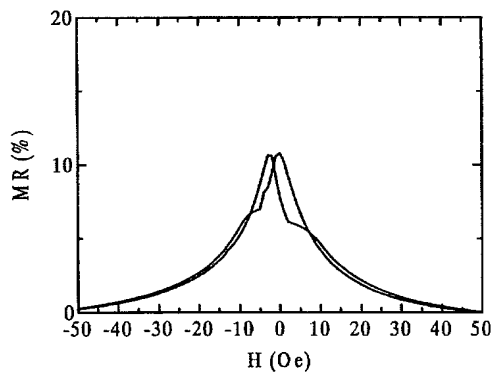
【図20】



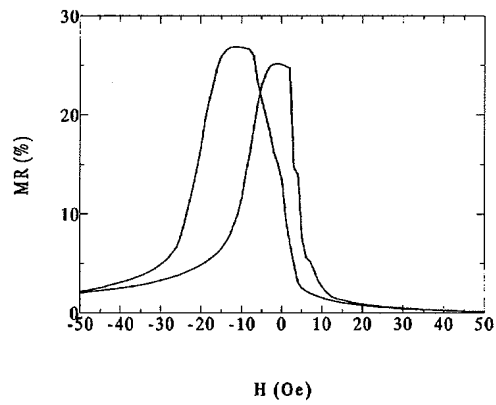
【図25】



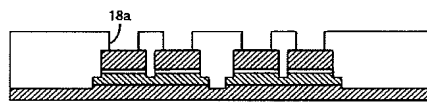
【図19】



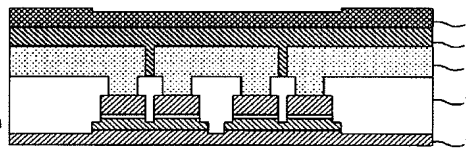
【図 2 1】



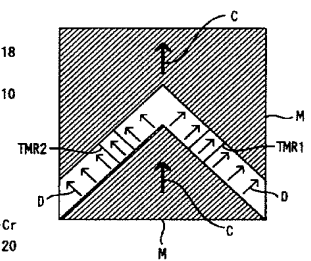
【図 2 6】



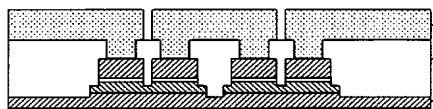
【図 3 4】



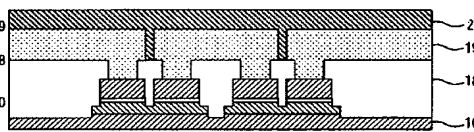
【図 4 1】



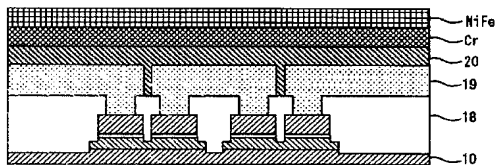
【図 2 7】



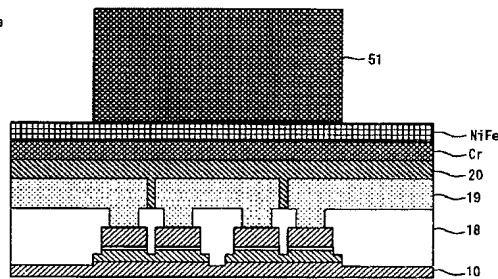
【図 2 8】



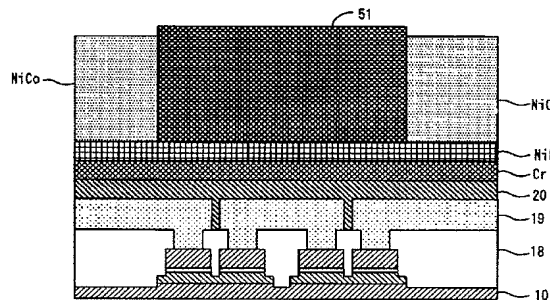
【図 2 9】



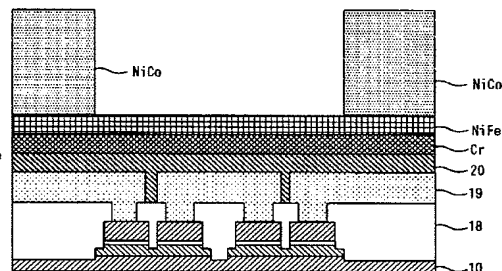
【図 3 0】



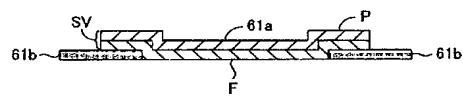
【図 3 1】



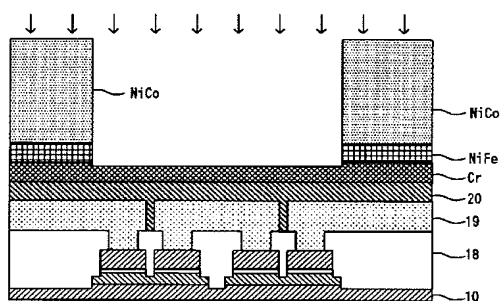
【図 3 2】



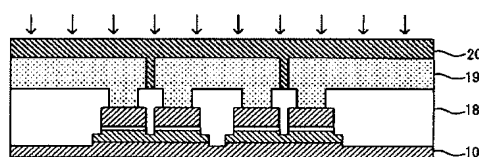
【図 4 4】



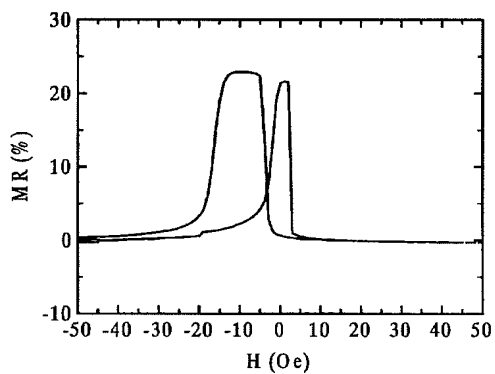
【図33】



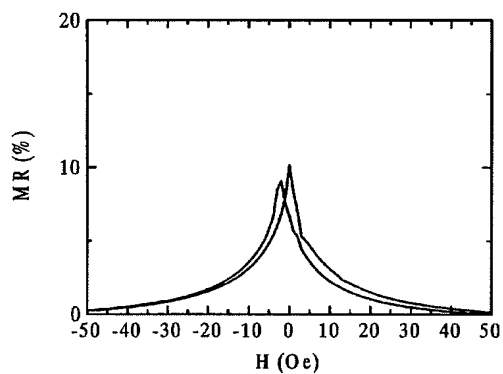
【図35】



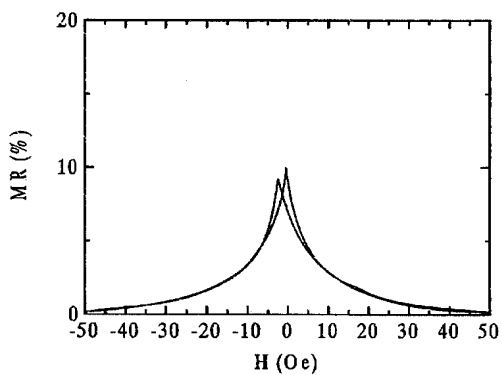
【図36】



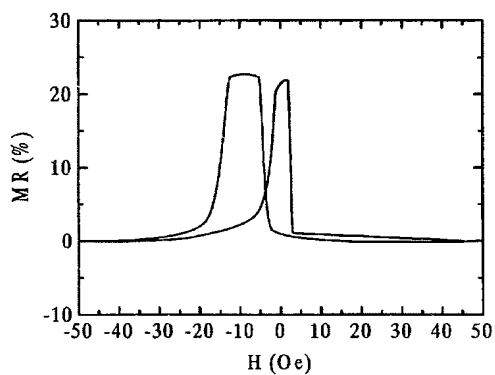
【図37】



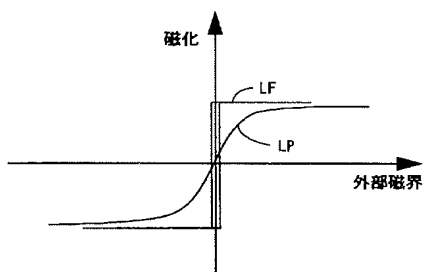
【図38】



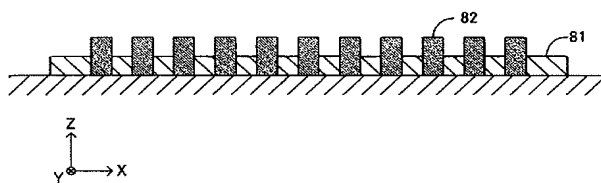
【図39】



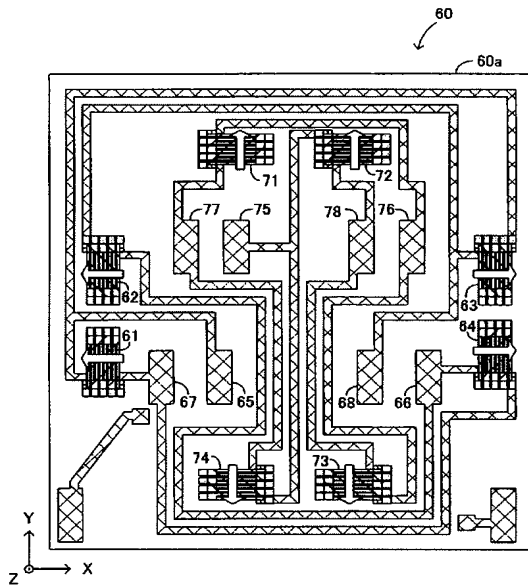
【図40】



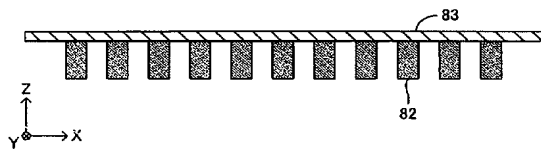
【図52】



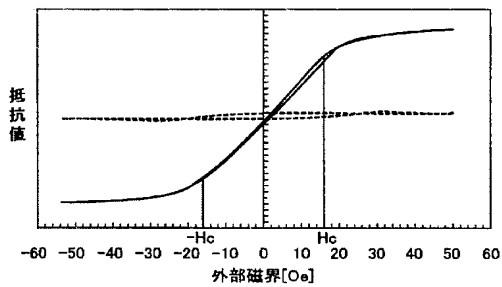
【図42】



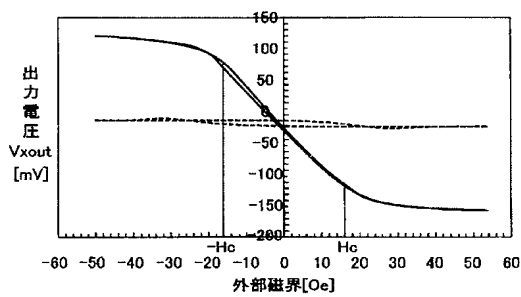
【図44】



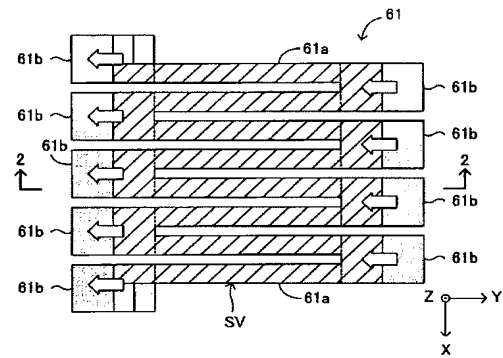
【図46】



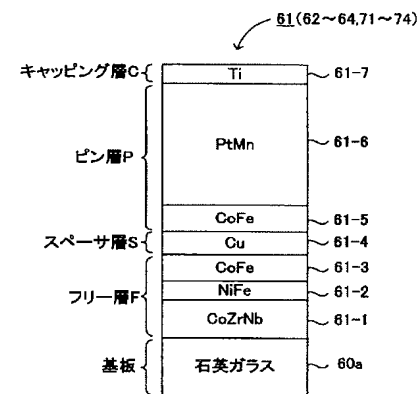
【図48】



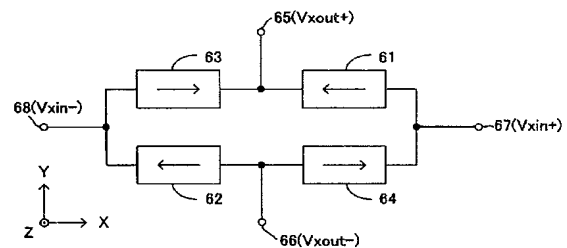
【図43】



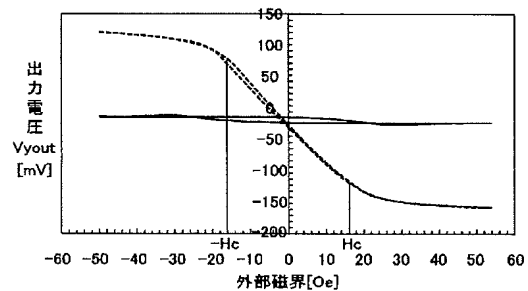
【図45】



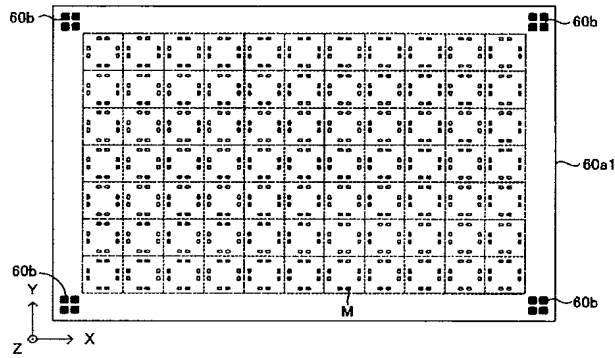
【図47】



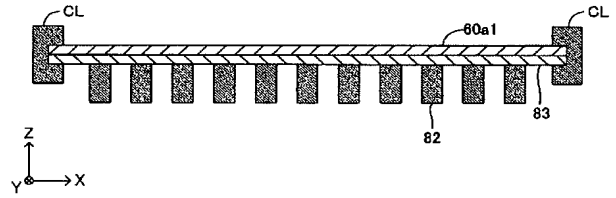
【図49】



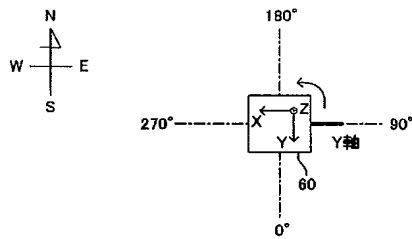
【図50】



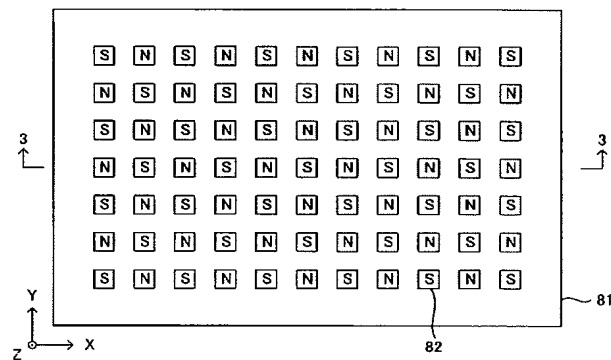
【図55】



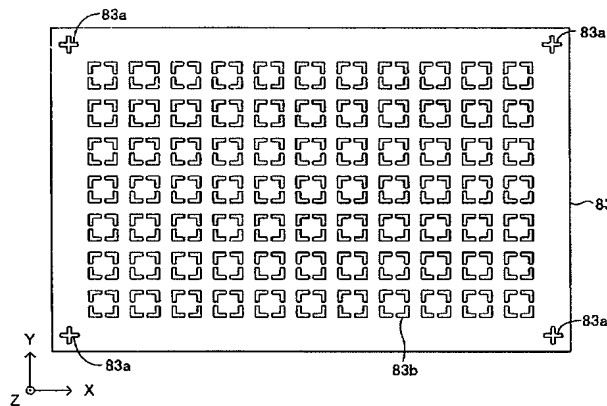
【図58】



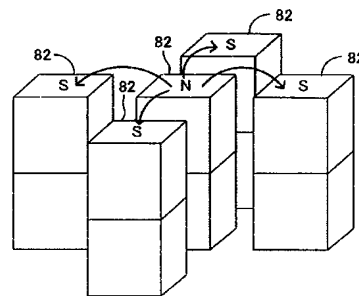
【図51】



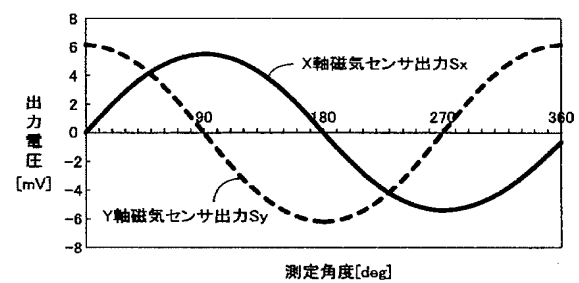
【図53】



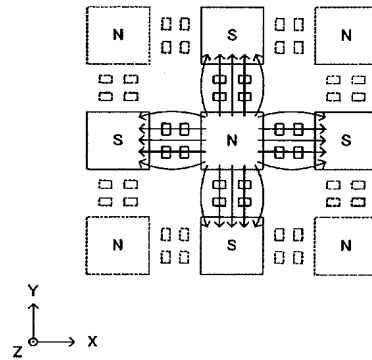
【図56】



【図59】



【図57】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 晋
 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株
 式会社内
 (72)発明者 相曽 功吉
 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株
 式会社内

(56)参考文献 特開 平10-70325 (J P, A)
 特開 平11-112054 (J P, A)
 特開 平9-91627 (J P, A)
 特開 平5-335650 (J P, A)
 特開 平7-122425 (J P, A)
 特開 平1-225183 (J P, A)
 特開 平6-196315 (J P, A)
 独国特許出願公開4427495 (D E, A
 1)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, D B名)

H01L 43/08
 G01R 33/09
 H01L 43/12

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

(57) [Claim(s)]

[Claim 1] It is the manufacture approach of the magnetometric sensor equipped with the magneto-resistive effect component from which resistance changes according to whenever [angular relation / which the sense of magnetization of this pinned layer and the sense of magnetization of this free layer make including a pinned layer and a free layer]. The process which forms the layer containing the magnetic layer used as said pinned layer on a substrate at a predetermined configuration, The process which forms the magnetic layer for magnetic field impression for impressing a magnetic field to the layer containing the magnetic layer used as said pinned layer, The manufacture approach of a magnetometric sensor including the process which carries out the pin of the sense of magnetization of the process which makes said magnetic layer for magnetic field impression magnetize, and the magnetic layer which turns into said pinned layer in the magnetic field by the residual magnetization of said magnetic layer for magnetic field impression.

[Claim 2] The process which is the manufacture approach of a magnetometric sensor according to claim 1, and forms said magnetic layer for magnetic field impression is the manufacture approach of the magnetometric sensor which is the process which forms said magnetic layer for magnetic field impression so that the layer containing the magnetic layer which turns into said pinned layer in plane view may be pinched.

[Claim 3] The manufacture approach of a magnetometric sensor that are the manufacture approach of a magnetometric sensor according to claim 1 or 2, and the sense of magnetization of said magnetic layer for magnetic field impression differs from the sense of the magnetic field by said residual magnetization.

[Claim 4] It is the manufacture approach of the magnetometric sensor equipped with the magneto-resistive effect component from which resistance changes according to whenever [angular relation / which the sense of magnetization of this pinned layer and the sense of magnetization of this free layer make including a pinned layer and a free layer]. The process for which the magnet array constituted so that it might differ from the polarity of other magnetic poles which the polarity of the magnetic pole of each permanent magnet separates the minimum distance, and adjoin is prepared while arranging two or more permanent magnets at the lattice point of a tetragonal lattice, The process which arranges the wafer in which the layer containing the magnetic layer which turns into said pinned layer at least was formed above said magnet array, The manufacture approach of a magnetometric sensor including the process which carries out the pin of the sense of magnetization of the magnetic layer which turns into said pinned layer using the field formed between the magnetic pole of one of said magnetic poles, and other magnetic poles of said magnetic poles which separate this magnetic pole and minimum distance and adjoin.

[Translation done.]

* NOTICES *

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is a magnetometric sensor using the magneto-resistive effect component which comes to contain a pinned layer and a free layer, and relates to the manufacture approach of a magnetometric sensor of having two or more magneto-resistive effect components which the sense of magnetization of said pinned layer intersects mutually on a single chip.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, the huge magnetic resistance element (GMR component), the magnetic tunnel effect component (TMR component), etc. are known as a component which may be used for a magnetometric sensor. These magneto-resistive effect components are equipped with the pinned layer where the pin (immobilization) of the sense of magnetization was carried out to the predetermined sense, and the free layer from which the sense of magnetization changes according to an external magnetic field, and present the resistance according to the relative relation between the sense of magnetization of a pinned layer, and the sense of magnetization of a free layer.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the magnetometric sensor which it is difficult to form two or more magneto-resistive effect components which the sense of magnetization of a pinned layer intersects mutually on a minute single chip, and such a single chip is not proposed, therefore consists of a single chip using a magneto-resistive effect component had the problem that the application range could not be made large for constraint of the sense of magnetization of a pinned layer. This invention offers the manufacture approach of a magnetometric sensor of having two or more magneto-resistive effect components which the sense of magnetization of a pinned layer intersects mutually on a single chip. [0004]

[0005]

[0006]

[Summary of the Invention] The description of this invention is the manufacture approach of the magnetometric sensor equipped with the magneto-resistive effect component from which resistance changes according to whenever [angular relation / which the sense of magnetization of this pinned layer and the sense of magnetization of this free layer make including a pinned layer and a free layer]. The process which forms the layer (for example, the antiferromagnetism film and a ferromagnetic) containing the magnetic layer used as said pinned layer on a substrate at a predetermined configuration, It is in having included the process which forms the magnetic layer for magnetic field impression for impressing a magnetic field to the layer containing the magnetic layer used as said pinned layer, the process which makes said magnetic layer for magnetic field impression magnetize, and the process which carries out the pin of the sense of magnetization of the magnetic layer which turns into said pinned layer by the residual magnetization of said magnetic layer for magnetic field impression.

[0007] According to this, the magnetic layer for magnetic field impression for impressing a magnetic field to the layer containing the magnetic layer which should turn into a pinned layer is formed of plating etc., and this magnetic layer for magnetic field impression is magnetized after that. And the

pin of the sense of magnetization of the magnetic layer which turns into said pinned layer in the magnetic field by the residual magnetization of said magnetic layer for magnetic field impression is carried out. In this case, as for the process which forms said magnetic layer for magnetic field impression, it is advantageous to form said magnetic layer for magnetic field impression so that the layer containing the magnetic layer which turns into said pinned layer in plane view may be pinched, and it is advantageous that the sense of magnetization of said magnetic layer for magnetic field impression differs from the sense of the magnetic field generated by said residual magnetization.

[0008] It depends for the sense of the magnetic field by the residual magnetization of said magnetic layer for magnetic field impression on the end-face configuration of the magnetic layer for the said magnetic field impression. therefore, the thing for which this end-face configuration is made into a proper configuration — or the sense of the magnetization given to the layer containing the magnetic layer used as this pinned layer can be made into the sense of arbitration by arranging appropriately the layer containing the magnetic layer used as a pinned layer to an end face, and two or more magneto-resistive effect components which have the pinned layer where the pin of the magnetization was carried out to sense which is mutually different by this can manufacture easily on the same substrate.

[0009] Moreover, other descriptions of this invention are the manufacture approaches of the magnetometric sensor equipped with the magneto-resistive effect component from which resistance changes according to whenever [angular relation / which the sense of magnetization of this pinned layer and the sense of magnetization of this free layer make including a pinned layer and a free layer]. The process for which the magnet array constituted so that it might differ from the polarity of other magnetic poles which the polarity of the magnetic pole of each permanent magnet separates the minimum distance, and adjoin is prepared while arranging two or more permanent magnets at the lattice point of a tetragonal lattice, The process which arranges the wafer in which the layer containing the magnetic layer which turns into said pinned layer at least was formed above said magnet array, It is in having included the process which carries out the pin of the sense of magnetization of the magnetic layer which turns into said pinned layer using the field formed between the magnetic pole of one of said magnetic poles, and other magnetic poles of said magnetic poles which separate this magnetic pole and minimum distance and adjoin.

[0010] The above-mentioned magnet array arranges two or more permanent magnets at the lattice point of a tetragonal lattice, and it is constituted so that it may differ from the polarity of other magnetic poles which the polarity of the magnetic pole of each permanent magnet separates the minimum distance, and adjoin. [above a magnet array] therefore, by the plane view of this magnet array To the south pole which exists in a rightward field and this N pole [this N pole to] bottom to the south pole which exists in the right-hand side of one N pole to this N pole, an above field, A down field is formed in the south pole which exists in this leftward N pole [a field and this N pole to] bottom to the south pole which exists in the left-hand side of this N pole to this N pole (see drawing 56 and drawing 57). Similarly, to a certain south pole, an above field is formed from N pole which exists in the field of N pole which exists in the right-hand side of this south pole to the left, a field down [N pole which exists in this south pole bottom to], the field of N pole which exists in the left-hand side of this south pole to the right, and this south pole bottom. Since the above-mentioned approach carries out the pin of the sense of magnetization of the layer which turns into a pinned layer using these fields, it can manufacture easily the magnetometric sensor with which the sense of magnetization of a pinned layer comes to cross mutually on a single chip (in this case, rectangular cross).

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, it explains, referring to a drawing about each operation gestalt of the magnetometric sensor by this invention. The magnetometric sensor concerning the 1st operation gestalt is equipped with the substrate 10 of the abbreviation square configuration which consists of SiO₂/Si, glass, or a quartz, two magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21, the coil 30 for bias fields, and two or more electrode pads 40a-40f as shown in drawing 1 which is a top view. The coil 30 the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 and for bias fields is connected to the electrode pads 40a, 40b, 40c, and 40d and 40e and 40f, respectively. Since the

magnetic tunnel effect component (group) 11 and the magnetic tunnel effect component (group) 21 are the same on structure, the magnetic tunnel effect component (group) 11 is explained as an example of representation below, and the explanation about the magnetic tunnel effect component (group) 21 is omitted.

[0012] The magnetic tunnel effect component (group) 11 consists of a magnetic tunnel effect component which is the plurality by which series connection was carried out (this example 20 pieces), as shown in drawing 2 which is an expansion top view. Each magnetic tunnel effect component is equipped with two or more lower electrodes 12 which made the flat-surface configuration the shape of a rectangle on the substrate 10, as shown in drawing 3 which is a fragmentary sectional view along one to 1 flat surface of drawing 2. The lower electrode 12 separates predetermined spacing in a longitudinal direction, is arranged at the single tier, and is formed in about 30nm of thickness of Ta (Cr and Ti are sufficient.) which is a conductive non-magnetic metal ingredient. On each lower electrode 12, it is formed in the same flat-surface configuration as this lower electrode 12, and the laminating of the antiferromagnetism film 13 which consists of PtMn of about 30nm of thickness is carried out, respectively.

[0013] On each antiferromagnetism film 13, the ferromagnetics 14 and 14 of the pair which consists of NiFe of about 20nm of thickness separate spacing, and the laminating is carried out. These ferromagnetics 14 and 14 have the shape of a rectangle in plane view, they are arranged so that each long side may counter in parallel, they constitute the pinned layer where the pin of the sense of magnetization was carried out with the antiferromagnetism film 13, and are magnetized in the direction of an arrow head of drawing 4 which is a partial expansion top view (facing the right). In addition, the antiferromagnetism film 13 and a ferromagnetic (pinned layer) 14 constitute the fixed (it has fixed magnetization shaft) magnetization layer to which the sense of magnetization was fixed substantially.

[0014] On each ferromagnetic 14, the insulating layer 15 which has the same flat-surface configuration as this ferromagnetic 14 is formed. This insulating layer 15 consists of aluminum 2O3 (aluminum-O) which is an insulating material, and that thickness is formed so that it may be set to about 1nm.

[0015] On the insulating layer 15, it has the same flat-surface configuration as this insulating layer 15, and the ferromagnetic 16 which consists of NiFe of about 80nm of thickness is formed. The sense of that magnetization constitutes the free layer (free magnetization layer) which changes according to the sense of an external magnetic field, and this ferromagnetic 16 forms magnetic tunnel junction structure with the pinned layer which consists of said ferromagnetic 14, and said insulating layer 15. That is, one magnetic tunnel effect component (except for an electrode etc.) is constituted by the antiferromagnetism film 13, a ferromagnetic 14, an insulating layer 15, and the ferromagnetic 16.

[0016] On each ferromagnetic 16, the dummy film 17 of the same flat-surface configuration as the **** ferromagnetic 16 is formed, respectively. This dummy film 17 is constituted by the conductive non-magnetic metal ingredient which consists of Ta film of about 40nm of thickness.

[0017] The layer insulation layer 18 for carrying out insulating separation of the ferromagnetic 14, the insulating layer 15, the ferromagnetic 16, and the dummy film 17 of the pair which formed a substrate 10, the lower electrode 12, the antiferromagnetism film 13, a ferromagnetic 14, an insulating layer 15, a ferromagnetic 16, and the dummy film 17 on each antiferromagnetism film 13 while carrying out insulating separation of two or more lower electrodes 12 and antiferromagnetism film 13 in the wrap field, respectively, is formed. The layer insulation layer 18 consists of SiO2, and the thickness is about 250nm.

[0018] Contact hole 18a is formed in this layer insulation layer 18 on each dummy film 17, respectively. While laying this contact hole 18a underground, the up electrodes 19 and 19 which consist of aluminum of 300nm of thickness are formed, respectively so that between one way each of the dummy film 17 and 17 of the pair prepared on a different lower electrode 12 (and antiferromagnetism film 13) may be connected electrically mutually. Thus, the magnetic tunnel effect component (group) 11 with which the sense of magnetization of a pinned layer connected two or more magnetic tunnel junction structures to the serial identically is formed by connecting electrically each ferromagnetics 16 and 16 (each dummy film 17 and 17) and each antiferromagnetism film 13 and

13 of magnetic tunnel junction structure of an adjacent pair one by one by turns, respectively with the lower electrode 12 and the antiferromagnetism film 13, and the up electrode 19. In addition, on the up electrodes 19 and 19, the protective coat which consists of SiO and SiN which omitted illustration is formed.

[0019] A coil 30 is for giving the bias field of an alternating current to the above-mentioned magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21, and it is laid underground in the upper part of a substrate 10 so that it may extend in the sense parallel to the sense of magnetization of the lower part of the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 of the pinned layer of these magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21.

[0020] Next, it explains, referring to drawing 5 - drawing 17 about the manufacture approach of the above-mentioned magnetic tunnel effect component. In addition, in drawing 5 - drawing 12 and drawing 14 - drawing 17, the magnetic tunnel effect elements to which it comes to carry out series connection of the four magnetic tunnel effect components are shown for explanation. Moreover, the coil 30 is omitted in these drawings.

[0021] First, as shown in drawing 5, it is a substrate 10 (in this phase). it is one substrate with which two or more magnetometric sensors are obtained by next dicing. The film which consists of Ta which constitutes the lower electrode 12 is formed by sputtering upwards at about 30nm of thickness. Subsequently, the film which consists of film which consists of PtMn for constituting the antiferromagnetism film 13 and ferromagnetic (pinned layer) 14 of a fixed magnetization layer, and NiFe is formed by sputtering so that thickness may be set to 30nm and 20nm, respectively. Here, they are the bottom magnetic layer SJ and nominal **** about the PtMn film used as the lower electrode 12 and the antiferromagnetism film 13, and the FeNi film used as a ferromagnetic 14.

[0022] Then, the laminating only of the 1nm of the aluminum is carried out, and the film which consists of aluminum 2O3 (aluminum-O) which this is oxidized and serves as an insulating layer 15 with oxygen gas is formed. Subsequently, the film which consists of NiFe which constitutes the ferromagnetic 16 of a free layer is formed so that thickness may be set to 80nm by sputtering, and the film which consists of Ta which constitutes the dummy film 17 on it is formed so that thickness may be set to 40nm. Here, they are the upper magnetic layer UJ and nominal **** about a ferromagnetic 16 and the dummy film 17. Subsequently, as ion milling etc. showed to drawing 6, the upper magnetization layer UJ is processed and it dissociates, and as shown in drawing 7, the bottom magnetic layer SJ is processed and it dissociates.

[0023] Next, as shown in drawing 8, the film which consists of SiO2 which constitutes the layer insulation layer 18 is formed by sputtering so that thickness may be set to 250nm on a component, and the film which consists of film which consists of Cr as plating substrate film on it, and NiFe is formed by sputtering so that each thickness may be set to 100nm and 50nm. Next, a resist 51 is applied as shown in drawing 9. Patterning of the resist 51 is carried out to a predetermined configuration so that the part which plates behind may not be covered.

[0024] Subsequently, as shown in drawing 10, NiCo is plated as a magnetic layer for magnetic field impression. Thickness of this NiC ** is set to 10 micrometers. And as shown in drawing 11, after removing a resist, as shown in drawing 12, the milling (Ar milling) to the whole surface removes NiFe formed as plating substrate film.

[0025] Drawing 13 is the top view of the wafer of this condition. In addition, in drawing 13, the sign 10 is given to each of the substrate divided by next dicing for convenience. As shown in drawing 13, each of the magnetic layer for magnetic field impression (NiC**) is an abbreviation square-like by patterning of a previous resist. it is formed so that it may become the core top of the substrate 10 separately divided after four pieces which the core adjoins, and in a lengthwise direction and a longitudinal direction, the right above section of the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 is removed -- as (namely, it sets to plane view) It is arranged so that the layer used as the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 in which the bottom magnetic layer SJ (magnetic layer used as a pin layer) containing the magnetic layer used as a pinned layer was formed may be pinched. In this condition, the magnetic field of the strength of about 1000 (Oe) is given in the direction parallel to the diagonal line of the square which each magnetic layer for magnetic field impression makes, and the sense which showed the magnetic layer for the said magnetic field

impression by the arrow head A of drawing 13 is made magnetized (magnetization).

[0026] Subsequently, the above-mentioned magnetic field is removed. At this time, by the residual magnetization of the magnetic layer for magnetic field impression, as the arrow head B of drawing 13 showed, the other magnetic field is generated in the left part of the magnetic layer for magnetic field impression which adjoins the other magnetic field from the right-hand side of the magnetic layer for **** magnetic field impression the lower side of the magnetic layer for magnetic field impression which adjoins from the surface of each magnetic layer for magnetic field impression. For this reason, a magnetic field parallel to the longitudinal direction for the said division is impressed to the part used as the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21. And while ordered-alloy-izing the antiferromagnetism film 13 which consists of PtMn, in order to give the switched connection field Hex, elevated-temperature annealing treatment which puts a wafer on the bottom of hot environments is performed. Consequently, the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 formed on the same substrate 10 come to have a mutually different pinned layer (the pin was carried out) magnetized by that it is suitable (in this case, sense which intersects perpendicularly mutually). That is, each magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 come to have the magnetization fixed shaft of the direction shown in drawing 1 by the arrow head.

[0027] Subsequently, as shown in drawing 14, an acid removes NiCo which is the plating film, and NiFe (plating substrate film) by which the spatter was carried out, and as shown in drawing 15, milling removes Cr. Then, as shown in drawing 16, contact hole 18a is formed in the layer insulation layer 18, as shown in drawing 17, aluminum film is formed by sputtering so that the thickness may be set to 300nm, this is processed into a wiring configuration and the up electrode 19 is formed.

[0028] And the electrode pads 40a-40f shown in drawing 1 are formed on a substrate 10, and these electrode pads 40a-40f are connected with the magnetic tunnel effect components (group) 11 and 21 and a coil 30, respectively. The film (illustration abbreviation) which finally consists of SiO which has 150nm thickness by CVD, and the film (illustration abbreviation) which consists of SiN which has 1000nm thickness are formed as a protective coat (passivation film). Then, it punctures by etching using milling, RIE, or a resist mask of a part of protective coat, and the electrode pads 40a-40f are exposed. Subsequently, the background (grinding is carried out and it is made thin) of a substrate is performed, dicing separates into each magnetometric sensor and, finally packaging is performed.

[0029] Thus, the external magnetic field from which magnitude changes in accordance with each shaft of Y shaft orientations which intersect perpendicularly with X shaft orientations and this X-axis of drawing 1 was given to the magnetic tunnel effect component (group) 11 shown in manufactured drawing 1, and the resistance rate of change MR (MR ratio) at that time was measured. The result is shown in drawing 18 and drawing 19. MR ratio of the magnetic tunnel effect component (group) 11 changed [rather than] a lot to the external magnetic field from which the direction which receives the external magnetic field which changes to X shaft orientations changes to Y shaft orientations so that clearly from drawing 18 and drawing 19. Thereby, it was checked that the magnetic tunnel effect component (group) 11 has the sense of magnetization of the pinned layer parallel to the X-axis.

[0030] Similarly, to the magnetic tunnel effect component (group) 21 shown in drawing 1, the external magnetic field from which magnitude changes in accordance with each shaft of X shaft orientations and Y shaft orientations was given, and the resistance rate of change MR (MR ratio) at that time was measured. The result is shown in drawing 20 and drawing 21. MR ratio of the magnetic tunnel effect component (group) 21 changed [rather than] a lot to the external magnetic field from which the direction which receives the external magnetic field which changes to Y shaft orientations changes to X shaft orientations so that clearly from drawing 20 and drawing 21. Thereby, it was checked that the magnetic tunnel effect component (group) 21 has the sense of magnetization of the pinned layer parallel to a Y-axis. That is, it was checked that this magnetometric sensor has two magnetic tunnel effect components (magneto-resistive effect component) which have the pinned layer by which the pin was carried out so that the sense of magnetization might differ mutually on the same substrate 10 (it crosses mutually like [the sense of magnetization]).

[0031] When the magnetometric sensor concerning the 2nd operation gestalt is explained, next, the 2nd operation gestalt As opposed to the fixed magnetization layer of the 1st operation gestalt having consisted of PtMn and NiFe Only in the point constituted with the film with which the fixed

magnetization layer of the 2nd operation gestalt consists of MnRh whose thickness is 30nm, and the film which consists of NiFe (pinned layer) whose thickness is 40nm, it differs from this 1st operation gestalt. On the other hand, by difference of the quality of the material of this fixed magnetization layer, since the manufacture approaches of the 2nd operation gestalt differ only it of the 1st operation gestalt, and a little, it explains below.

[0032] That is, as the 2nd operation gestalt was shown in drawing 22, on a substrate 10, the film which consists of Ta which has 30nm thickness, the film which consists of MnRh which has 30nm thickness, and the film which consists of NiFe which has 40nm thickness are formed by sputtering, and the bottom magnetic layer SJ is formed. Subsequently, 1nm aluminum is formed, this is oxidized and an insulating layer 15 is formed. The film which consists of Ta which has the film which consists of NiFe which has 40nm thickness on it, and 40nm thickness is formed, and the upper magnetic layer UJ is formed.

[0033] Subsequently, as shown in drawing 23, the upper magnetization layer UJ is processed and it dissociates, and as shown in drawing 24, the bottom magnetic layer SJ is processed and it dissociates. Next, as shown in drawing 25, sputtering of SiO₂ is carried out so that the thickness may be set to 250nm, and as it formed, and the layer insulation layer 18 was continuously shown in drawing 26, contact hole 18a is formed in this layer insulation layer 18. Subsequently, as shown in drawing 27, sputtering of the aluminum is carried out so that the thickness may be set to 300nm, this is processed into a wiring configuration, and the up electrode 19 is formed. And the protective coat 20 which consists of SiO and SiN as shown in drawing 28 is formed by CVD.

[0034] Next, a resist 51 is applied, as were shown in drawing 29, and the film which consists of film which consists of Cr as plating substrate film, and NiFe was continuously formed by sputtering and shown in drawing 30 so that each thickness might be set to 100nm and 50nm. Patterning of the resist 51 is carried out to a predetermined configuration so that the part which plates behind may not be covered.

[0035] Subsequently, as shown in drawing 31, NiCo is plated as a magnetic layer for magnetic field impression. Thickness of this NiC ** is set to 10 micrometers. And as shown in drawing 32, after removing a resist, as shown in drawing 33, the milling (Ar milling) to the whole surface removes NiFe formed as plating substrate film. At this time, since it will be in the condition which showed in drawing 13, give the magnetic field of the strength of about 1000 (Oe) in the direction parallel to the diagonal line of the square which each magnetic layer for magnetic field impression makes, the sense which showed the magnetic layer for the said magnetic field impression by the arrow head A of drawing 13 is made magnetized (magnetization), and this magnetic field is removed after that.

[0036] At this time, a magnetic field parallel to the longitudinal direction for the said division will be impressed to the part which becomes each magnetic tunnel effect component (group) 11' and 21' behind by the residual magnetization of NiC **. And elevated-temperature annealing treatment which puts a wafer on the bottom of hot environments is performed. consequently, same substrate 10' — magnetic tunnel effect component (group) 11' formed upwards and 21' will have a mutually different pinned layer (the pin was carried out) magnetized by that it is suitable (in this case, sense which intersects perpendicularly mutually). After elevated-temperature annealing treatment is completed, as shown in drawing 34, an acid removes NiFe of plating film NiC** and the plating substrate film, and as shown in drawing 35, milling removes the plating substrate film Cr. After that, the same processing as the 1st operation gestalt is performed.

[0037] Thus, the external magnetic field from which magnitude changes in accordance with each shaft of X shaft orientations and Y shaft orientations was given to magnetic tunnel effect component (group) 11' shown in manufactured drawing 1, and the resistance rate of change MR (MR ratio) at that time was measured. The result is shown in drawing 36 and drawing 37. MR ratio of magnetic tunnel effect component (group) 11' changed [rather than] a lot to the external magnetic field from which the direction which receives the external magnetic field which changes to X shaft orientations changes to Y shaft orientations so that clearly from drawing 36 and drawing 37. Thereby, it was checked that magnetic tunnel effect component (group) 11' has the sense of magnetization of the pinned layer parallel to the X-axis.

[0038] Similarly, to magnetic tunnel effect component (group) 21' shown in drawing 1, the external

magnetic field from which magnitude changes in accordance with each shaft of X shaft orientations and Y shaft orientations was given, and the resistance rate of change MR (MR ratio) at that time was measured. The result is shown in drawing 38 and drawing 39. MR ratio of magnetic tunnel effect component (group) 21' changed [rather than] a lot to the external magnetic field from which the direction which receives the external magnetic field which changes to Y shaft orientations changes to X shaft orientations so that clearly from drawing 38 and drawing 39. Thereby, it was checked that magnetic tunnel effect component (group) 21' has the sense of magnetization of the pinned layer parallel to a Y-axis. namely, the magnetometric sensor concerning this 2nd operation gestalt -- same substrate 10' -- having two magnetic tunnel effect components (magneto-resistive effect component) which have the pinned layer where the sense of magnetization crosses mutually upwards, and by which the pin was carried out like (it differs) was checked.

[0039] As mentioned above, as explained, the magnetometric sensor of the 1st and 2nd operation gestalt has the magnetic (the include angles which the sense of magnetization of at least two pinned layers makes are include angles other than 0 degree and 180 degree) tunnel effect component which the sense of magnetization of a pinned layer intersects mutually on the same substrate (on a single chip). For this reason, it can use as small magnetometric sensors (for example, earth magnetism sensor etc.) which need to detect the field of different sense. Moreover, according to the manufacture approach of each above-mentioned operation gestalt, such a sensor can be manufactured easily.

[0040] In addition, although PtMn is used for the pin layer of a fixed magnetization layer with the 1st operation gestalt, PtMn performs elevated-temperature annealing treatment in the phase before high temperature processing, such as CVD for protective coat formation, is made in order to carry out the pin of the pinned layer to the timing first made into an elevated temperature. On the other hand, with the 2nd operation gestalt, MnRh is used for the pin layer of a fixed magnetization layer, and if the membrane quality of MnRh has other high temperature processing after elevated-temperature annealing treatment, it will deteriorate. Then, in the 2nd operation gestalt, we decided to perform elevated-temperature annealing treatment after high temperature processing, such as CVD for protective coat formation.

[0041] Moreover, according to the manufacture approach of the above-mentioned 1st and 2nd operation gestalt, the magnetic tunnel effect component (group) which shows an even function property to the external magnetic field which it is going to detect can be obtained. That is, grant of the field from which magnitude changes in the direction which intersects perpendicularly with the sense of magnetization of a pinned layer to the magnetic tunnel effect elements 11 and 21, 11', and 21' changes magnetization of this pinned layer smoothly, as Rhine LP of drawing 40 showed. On the other hand, the free layer of these components reacts to the sense of said external magnetic field sensitively by shape anisotropy, and if the magnitude of an external magnetic field becomes near "0" as Rhine LF of drawing 40 showed, it will change in step. Consequently, whenever [angular relation / of the sense of magnetization of a pinned layer and the sense of magnetization of a free layer] decreases, so that it becomes max (90 degrees of abbreviation) and the magnitude (absolute value) of an external magnetic field becomes large, when an external magnetic field is "0." This can be checked by drawing 19, drawing 20, drawing 37, and drawing 38.

[0042] Furthermore, unlike the sense of magnetization of this plating film, when you make it magnetized in the fixed direction which shows the plating film (NiC**) which is each magnetic field impression magnetic layer by the said drawing 13 Nakaya mark A so that clearly also from drawing 13, the sense of the magnetic field generated between **** plating film by the residual magnetization of the **** plating film turns into sense perpendicular to the end face of this plating film M, as the said drawing Nakaya mark B showed. If the end-face configuration of the plating film M is designed and this plating film is magnetized to the sense of an arrow head C as it follows, for example, was shown in drawing 41 Since the magnetic field which has locally the desired sense (sense shown by the arrow head D) in the proper part on a wafer can be generated It becomes possible to manufacture the magnetic tunnel effect components (magnetic tunnel effect component which the sense of magnetization of a pinned layer intersects mutually on a single chip) TMR1 and TMR2 which have the fixed magnetization shaft of the desired sense on a single substrate using this.

[0043] Next, if the magnetometric sensor concerning the 3rd operation gestalt of this invention is explained, the magnetometric sensor of the 3rd operation gestalt is constituted by the GMR component to the magnetometric sensor of the above-mentioned 1st and 2nd operation gestalt having been constituted by the TMR component. Moreover, this magnetometric sensor is equipped with the X-axis magnetometric sensor which detects the field of X shaft orientations, and the Y-axis magnetometric sensor which detects the field of Y shaft orientations which intersect perpendicularly with said X-axis.

[0044] When it states more concretely, this magnetometric sensor 60 As shown in drawing 42 , it has the shape of a rectangle which has the side in alignment with the X-axis which intersects perpendicularly mutually by plane view, and a Y-axis (the shape of an abbreviation square). Single chip (same substrate) 60a which becomes Z shaft orientations which intersect perpendicularly with the X-axis and a Y-axis from the quartz glass which has small thickness, Eight pads 65-68, 75-78, and the path cord that connects each pad and each component are included in the sum total formed on this chip 60a by the sum total formed eight GMR components 61-64, 71-74, and on this chip 60a.

[0045] As the 1st X-axis GMR component 61 is formed near the X-axis negative direction edge depending on the method of Y shaft-orientations abbreviation central subordinate of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the X-axis negative direction. As the 2nd X-axis GMR component 62 is formed near the X-axis negative direction edge in Y shaft-orientations abbreviation center-section upper part of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the X-axis negative direction. As the 3rd X-axis GMR component 63 is formed near the X-axis forward direction edge in Y shaft-orientations abbreviation center-section upper part of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the X-axis forward direction. As the 4th X-axis GMR component 64 is formed near the X-axis forward direction edge depending on the method of Y shaft-orientations abbreviation central subordinate of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the X-axis forward direction.

[0046] As the 1st Y-axis GMR component 71 is formed near the Y-axis forward direction edge to the X shaft-orientations abbreviation center-section left of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the Y-axis forward direction. As the 2nd Y-axis GMR component 72 is formed near the Y-axis forward direction edge depending on the method of X shaft-orientations abbreviation center-section right of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the Y-axis forward direction. As the 3rd Y-axis GMR component 73 is formed near the Y-axis negative direction edge depending on the method of X shaft-orientations abbreviation center-section right of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the Y-axis negative direction. As the 4th X-axis GMR component 64 is formed near the Y-axis negative direction edge to the X shaft-orientations abbreviation center-section left of chip 60a and the arrow head of drawing 42 showed it, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out serves as the Y-axis negative direction.

[0047] Except for the point that the arrangement (sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer to chip 60a was carried out) in chip 60a differs, each GMR components 61-64, and 71-74 are mutually equipped with the same structure substantially. Therefore, the structure is hereafter explained by making the 1st X-axis GMR component 61 into the example of representation.

[0048] As the 1st X-axis GMR component 61 was shown in drawing 44 which is the outline sectional view which cut the 1st X-axis GMR component 61 at drawing 43 which is a top view, and the flat surface which met two to 2 line of drawing 43 Two or more narrow band-like section 61a which consists of spin bulb film SV and has a longitudinal direction in Y shaft orientations -- 61a, Bias magnet film (hard ferromagnetic thin film layer) 61b which is hard ferromagnetics, such as CoCrPt formed down the Y shaft-orientations both ends of each narrow band-like section 61a, and consists of high coercive force and the quality of the material which has an angle-of-elevation mold ratio -- It

has 61b. Each narrow band-like section 61a—61a has joined to narrow band-like section 61a which extends and adjoins X shaft orientations on the top face of each bias magnet film 61b.

[0049] The spin bulb film SV of the 1st X-axis GMR component 61 the free layer (a free layer —) by which the laminating was carried out to order on chip 60a which is a substrate as the film configuration was shown in drawing 45 The spacer layer S, the conductive pin layer (the fixing layer, fixed magnetization layer) P, and conductive thickness which the free magnetization layer F and thickness turn into from 2.4nm (24A) Cu consist of a capping layer C which consists of 2.5nm (25A) titanium (Ti) or a tantalum (Ta).

[0050] The free layer F is a layer from which the sense of magnetization changes according to the sense of an external magnetic field, and the thickness formed in right above [of substrate 60a] The 8nm (80A) CoZrNb amorphous magnetic layer 61-1, The thickness formed on the CoZrNb amorphous magnetic layer 61-1 consists of a 3.3nm (33A) NiFe magnetic layer 61-2 and a CoFe layer 61-3 of the thickness of 1-3nm (10-30A) extent formed on the NiFe magnetic layer 61-2. The CoZrNb amorphous magnetic layer 61-1 and the NiFe magnetic layer 61-2 constitute the elasticity ferromagnetic thin film layer. The CoFe layer 61-3 prevents diffusion of nickel of the NiFe layer 61-2, and Cu 61-4 of the spacer layer S. In addition, bias magnet film 61b mentioned above — 61b has given the bias field to Y shaft orientations (longitudinal direction shown by the arrow head of drawing 43) to this free layer F in order to maintain the uniaxial anisotropy of the free layer F.

[0051] the pin layer P — thickness — the 2.2nm (22A) CoFe magnetic layer 61-5 and Pt — 45-55-mol% — the thickness formed from the included PtMn alloy piles up the 24nm (240A) antiferromagnetism film 61-6. The CoFe magnetic layer 61-5 constitutes the pinned layer where the pin (fixing) of the sense of magnetization (magnetization vector) is carried out in the X-axis negative direction, when backed in switched connection by the antiferromagnetism film 61-6 magnetized (magnetization).

[0052] Thus, as the continuous line of drawing 46 showed, the constituted 1st X-axis GMR component 61 presents the resistance which carries out proportionally [abbreviation] and changes to this external magnetic field in the range of $-H_c \rightarrow +H_c$ to the external magnetic field which changes along with the X-axis, and as the broken line of drawing 46 showed, it presents the resistance of abbreviation regularity to the external magnetic field which changes along with a Y-axis.

[0053] The X-axis magnetometric sensor is constituted by carrying out full bridge connection of the 1st - the 4th X-axis GMR components 61-64, as the equal circuit was shown in drawing 47 . In addition, in drawing 47 , the arrow head shows the sense of the magnetization to which the pin of the fixing layer of each GMR components 61-64 was carried out. In such a configuration, a pad 67 and a pad 68 are connected to the positive electrode of the source of a constant voltage which is not illustrated, respectively, and a negative electrode, and potential V_{in+} (this example 5 (V)) and potential V_{in-} (this example 0 (V)) are given. And the potential of a pad 65 and a pad 66 is taken out as potential V_{out+} and potential V_{out-} , respectively, and the potential difference ($V_{out+} - V_{out-}$) is taken out as a sensor output V_{out} . Consequently, as the continuous line of drawing 48 showed, the output voltage V_{out} which carries out proportionally [abbreviation] and changes to this external magnetic field in the range of $-H_c \rightarrow +H_c$ is shown to the external magnetic field which changes along with the X-axis and the X-axis magnetometric sensor showed with the broken line of drawing 48 , to the external magnetic field which changes along with a Y-axis, it shows the output voltage of abbreviation "0."

[0054] The Y-axis magnetometric sensor is constituted like the X-axis magnetometric sensor by carrying out full bridge connection of the 1st - the 4th Y-axis GMR components 71-74. And a pad 77 and a pad 78 are connected to the positive electrode of the source of a constant voltage which is not illustrated, and a negative electrode, potential V_{in+} (this example 5 (V)) and potential V_{in-} (this example 0 (V)) are given, and the potential difference of a pad 75 and a pad 76 is taken out as a sensor output V_{out} . Consequently, as the broken line of drawing 49 showed, the output voltage V_{out} which carries out proportionally [abbreviation] and changes to this external magnetic field in the range of $-H_c \rightarrow +H_c$ is shown to the external magnetic field which changes along with a Y-axis and the Y-axis magnetometric sensor showed as the continuous line of drawing 49 , to the external magnetic field which changes along with the X-axis, it shows the output voltage of abbreviation "0."

[0055] Next, the manufacture approach of the magnetometric sensor 60 constituted as mentioned above is explained. First, as shown in drawing 50 which is a top view, it consists of the above-mentioned spin bulb film SV and above-mentioned bias magnet film 61b on rectangular quartz glass 60a1, and two or more film M which constitutes each GMR component behind is formed in island shape. This membrane formation is performed in precise thickness by continuous laminating using ultra-high-vacuum equipment. When quartz glass 60a1 is divided into each chip 60a which it was cut along with the broken line of drawing 50 according to the next cutting process, and was shown in drawing 42, these film M is formed so that it may be arranged in the GMR components 61-64 shown in this drawing 42, and the location of 71-74. Moreover, alignment (positioning) mark 60b of the configuration except a cross-joint form is prepared in the four corners of quartz glass 60a1 from the rectangle.

[0056] Subsequently, as shown in drawing 52 which is the sectional view cut in the cross section which met three to 3 line of drawing 51 which is a top view, and drawing 51 The square through tube was prepared only for plurality in the shape of a tetragonal lattice (that is, the square through tube which has the side parallel to the X-axis and a Y-axis). Meet this X-axis and this Y-axis, and the metal plate 81 of the rectangle prepared by separating the equal distance mutually is prepared. The permanent bar magnet 82-82 of the rectangular parallelepiped configuration which has the square cross section of this through tube and abbreviation identitas in each through tube of this metal plate 81 is inserted so that the end face in which the magnetic pole of this permanent bar magnet 82-82 is formed may become parallel to this metal plate 81. At this time, this permanent bar magnet 82-82 is arranged so that the polarities of the magnetic pole which adjoins by the minimum distance may differ. In addition, all the magnitude of the magnetic charge of each permanent bar magnet 82-82 uses an abbreviation equal.

[0057] Next, as shown in drawing 53 which is a top view, thickness is about 0.5mm and said metal plate 81 and the plate 83 which consists of transparent quartz glass which has the rectangle of an abbreviation same configuration are prepared. In order to position by collaborating with alignment mark 60b of the above-mentioned quartz glass 60a1 in this plate 83, alignment (positioning) mark 83a of a cross-joint form is prepared in four corners. Moreover, alignment mark 83b is prepared in the location corresponding to the appearance of the permanent bar magnet 82-82 inserted in the above-mentioned metal plate 81 in the center section. Subsequently, as shown in drawing 54, the top face of the permanent bar magnet 82-82 and the inferior surface of tongue of a plate 83 are pasted up with adhesives. At this time, the relative location of the permanent bar magnet 82-82 and a plate 83 is determined using alignment mark 83b. And the metal plate 81 is removed from a lower part. The magnet array constituted so that it might differ from the polarity of other magnetic poles which the polarity of the magnetic pole of each permanent magnet separates the minimum distance, and adjoin with the permanent bar magnet 82-82 and a plate 83 in this phase while the end face which constitutes a magnetic pole arranges two or more permanent magnets of an abbreviation square at the lattice point of a tetragonal lattice is formed.

[0058] Next, as shown in drawing 55, the quartz glass 60a1 with which the film (layer containing the layer containing the magnetic layer used as a pinned layer, i.e., the magnetic layer used as a pin layer) used as a GMR component was formed is arranged so that the field in which the film used as this GMR component was formed may touch the top face of a plate 83. Quartz glass 60a1 and the relative position of a plate 83 are correctly determined by making in agreement the part deleted by the cross-joint form of said alignment mark 60b, and the cross-joint form of alignment mark 83a.

[0059] Drawing 56 is the perspective view showing the condition of having taken out only the four above-mentioned permanent bar magnets 82-82. On the top face of the permanent bar magnet 82-82, the field which goes to the south pole which adjoins this N pole by the minimum distance from one N pole and from which 90 degrees of directions differ at a time is formed so that clearly from this drawing. Therefore, in the condition that quartz glass 60a1 was laid in the top face of the plate 83 shown in drawing 55, as typically shown in drawing 57, the field of the Y-axis forward direction, the X-axis forward direction, the Y-axis negative direction, and the X-axis negative direction joins each film used as GMR arranged in parallel each side of the square end face of one N pole.

[0060] In this operation gestalt, heat treatment which fixes the sense of magnetization of the fixing

layer P (pinned layer of the fixing layer P) using this field is performed. Namely, a plate 83 and quartz glass 60a1 of each other are fixed by Clamp CL in the condition which showed in drawing 55, these are overheated at 250 degrees C – 280 degrees C in a vacuum, and it is left in the condition for about 4 hours.

[0061] Then, quartz glass 60a1 is taken out, while forming each pads 65–68 shown in drawing 42, and 75–78, wiring which connects these is formed and quartz glass 60a1 is cut along with the broken line finally shown in drawing 50. The magnetometric sensor 60 shown in drawing 42 is manufactured by the above.

[0062] Next, the result of having measured earth magnetism using the above-mentioned magnetometric sensor 60 is explained. In this measurement, as shown in drawing 58, when the Y-axis forward direction of a magnetometric sensor 60 has turned to south, Bearing theta (measurement include angle) is defined as 0 degree. A measurement result is shown in drawing 59. The X-axis magnetometric sensor output Sx shown as the continuous line changed in the shape of a sine wave, and the Y-axis magnetometric sensor output Sy shown with the broken line changed in the shape of a cosine wave so that clearly from drawing 59. This result was as being predicted from the property shown by drawing 48 and drawing 49.

[0063] When both the values of (1) X-axis magnetometric sensor output Sx and the output Sy of a Y-axis magnetometric sensor are forward values, in this case, $\theta = \arctan (Sx/Sy)$, (2) When the value of the output Sy of a Y-axis magnetometric sensor is a negative value, $\theta = 180 \text{ degree} + \arctan (Sx/Sy)$, (3) Since it can ask for bearing by $\theta = 360 \text{ degree} + \arctan (Sx/Sy)$ when a value negative in the value of the X-axis magnetometric sensor output Sx and the output Sy of a Y-axis magnetometric sensor are forward values A magnetometric sensor 60 can be used as an earth magnetism (bearing) sensor which may be carried in pocket mold electronic instruments, such as a portable telephone. In addition, when bearing is in 270–360 degrees, and it permits what is displayed as –90–0 degree, and an output Sy is forward and $\theta = \arctan (Sx/Sy)$ and an output Sy are negative, it is good also as $\theta = 180 \text{ degree} + \arctan (Sx/Sy)$.

[0064] As mentioned above, the magnet array constituted so that it might differ from the polarity of other magnetic poles which the polarity of the magnetic pole of each permanent magnet separates the minimum distance, and adjoin while arranging two or more permanent magnets at the lattice point of a tetragonal lattice according to the 3rd operation gestalt, as explained is prepared. Since the pin of the sense of magnetization of the magnetic layer which turns into said pinned layer by the field which this magnet array forms is carried out, the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out can form easily a mutually different (it intersects perpendicularly mutually) GMR component on a single chip. Moreover, since the single chip equipped with the GMR component from which the sense of the magnetization to which the pin of the pinned layer was carried out differs mutually can be manufactured in large quantities at a stretch according to this approach, the manufacturing cost of this single chip can be reduced.

[0065] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt, and can adopt various modifications within the limits of this invention. For example, in the above-mentioned 1st and 2nd operation gestalt, although large NiC ** of residual magnetization was adopted as plating film, it may replace with this and residual magnetization may adopt other large ingredients (for example, Co etc.). Moreover, the approach of fixing the sense of magnetization of the fixing layer of the above-mentioned 1st and 2nd operation gestalt is applicable to other magneto-resistive effect components equipped with a pinned layer (layer which has a fixed magnetization shaft) like the 3rd operation gestalt. Moreover, although PtMn was used for the pin layer P of the 3 above-mentioned operation gestalten, it may replace with this PtMn and FeMn or IrMn may be used.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the notional top view of the magnetometric sensor concerning the 1st operation gestalt and the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the expansion top view of the magnetic tunnel effect component (group) shown in drawing 1 .

[Drawing 3] It is the sectional view which cut the magnetic tunnel effect component (group) shown in drawing 2 at the flat surface which met one to 1 line.

[Drawing 4] It is the outline top view of the allotropy child who shows the antiferromagnetism film and ferromagnetic (pinned layer) of the magnetic tunnel effect component shown in drawing 3 .

[Drawing 5] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 6] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 7] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 8] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 9] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 10] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 11] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 12] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 13] It is the outline top view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 14] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 15] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 16] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 17] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 1st operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 18] It is the graph which shows change of MR ratio of the allotropy child when giving the external magnetic field from which magnitude changes in an allotropy child's longitudinal direction (X shaft orientations) to one magnetic tunnel effect component (group) shown in drawing 1 .

[Drawing 19] It is the graph which shows change of MR ratio of the allotropy child when giving the external magnetic field from which magnitude changes in the direction (Y shaft orientations) which intersects perpendicularly with an allotropy child's longitudinal direction to one magnetic tunnel effect

component (group) shown in drawing 1 .

[Drawing 20] It is the graph which shows change of MR ratio of the allotropy child when giving the external magnetic field from which magnitude changes in the direction (X shaft orientations) which intersects perpendicularly with an allotropy child's longitudinal direction to other magnetic tunnel effect components (group) shown in drawing 1 .

[Drawing 21] It is the graph which shows change of MR ratio of the allotropy child when giving the external magnetic field from which magnitude changes in an allotropy child's longitudinal direction (Y shaft orientations) to other magnetic tunnel effect components (group) shown in drawing 1 .

[Drawing 22] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 23] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 24] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 25] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 26] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 27] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 28] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 29] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 30] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 31] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 32] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 33] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 34] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 35] It is the outline sectional view of the magnetometric sensor of the 2nd operation gestalt which exists in the middle of manufacture.

[Drawing 36] It is the graph which shows change of MR ratio of the allotropy child when giving the external magnetic field from which magnitude changes in an allotropy child's longitudinal direction (X shaft orientations of drawing 1) to one magnetic tunnel effect component (group) concerning the 2nd operation gestalt.

[Drawing 37]